

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y AUTOMÁTICA

LABORATORIO DE SISTEMAS INTELIGENTES



**DISEÑO DE LA ESTRUCTURA Y SISTEMA DE
DISPARO DE UN MICROROBOT
(ROBOSOCER SMALL LEAGUE)**

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA

Autor: Daniel Martínez Sanz

Tutor: José María Armingol Moreno

Leganés, Junio de 2013



AGRADECIMIENTOS

Ahora que esto va llegando a su fin, se vienen a la cabeza aquellos momentos difíciles de los primeros años en los que veía muy complicado terminar el proyecto en el que me había embarcado. Sin embargo, gracias a la constancia, las horas de estudio y a la buena gente que me ha rodeado, le puedo poner a esto un punto y final.

En primer lugar me gustaría dar gracias a mi familia:

- Gracias a mi madre por ser un apoyo constante y preocuparse de mí día a día. Esos pequeños gestos son los que marcan la diferencia y los días malos hacen que te sientas afortunado.
- Gracias a mi padre por animarme en todo momento, haciéndome ver que con esfuerzo todo es posible, y sobre todo por ayudarme a poder hacer ese esfuerzo. Sin tus consejos esto no sería lo mismo.
- Gracias a mi hermano, un ejemplo siempre en lo bueno y en lo malo. Gran parte de lo que soy es gracias a él. Es sin duda, el mejor modelo a seguir.
- Gracias a mis abuelos, siempre preguntándome que tal me iba en la carrera y animándome a estudiar. Mostrándose orgullosos de los esfuerzos de su nieto.
- Gracias a mi gente. Siempre han estado ahí, en lo bueno y en lo malo, en las horas interminables de estudio y en los momentos de celebraciones. Sin vosotros esto tampoco se habría podido conseguir.

También quería dar las gracias a mi compañero y gran amigo Adri, una parte importante de esto es gracias a ti.

No quiero terminar esto sin mencionar a la gente de oficina técnica, por sus grandes consejos y gran paciencia.

Por último me gustaría darle las gracias a mi tutor, José María Armingol. Cuando me comentaron la posibilidad de hacer el Trabajo de Fin de Grado con él, no me lo pensé ni un momento. Le conocía de la asignatura de Control I y sabía que era un gran educador y una grandísima persona. La opinión que tenía de él ha salido reforzada después de este proyecto, ya que todo han sido facilidades y siempre con una sonrisa en la cara.

Muchas Gracias.

ÍNDICE

ÍNDICE	4
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	10
ACRÓNIMOS	14
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	15
1.1. BREVE EVOLUCIÓN HISTÓRICA.....	16
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	18
1.3. OBJETIVOS.....	19
1.3.1. Objetivos global del proyecto.....	19
1.3.2. Objetivo particular del proyecto.....	21
1.4. FASES DE DESARROYO.....	21
1.5. MEDIOS EMPLEADOS.....	22
1.6. ESTRUCTURA DE LA MEMORIA.....	23
CAPÍTULO 2: REGLAS DEL JUEGO-2012.....	24
2.1. LEY 1 – EL TERRENO DE JUEGO.....	25
2.2. LEY 2 – EL BALÓN.....	28
2.3. LEY 3 – EL NÚMERO DE ROBOTS.....	29
2.4. LEY 4 – EL EQUIPO DE ROBÓTICA.....	30
2.5. LEY 5 – EL ÁRBITRO.....	35
2.6. LEY 6 – EL ÁRBITRO ASISTENTE.....	38
2.7. LEY 7 – LA DURACIÓN DEL PARTIDO.....	39
2.8. LEY 8 – INICIO Y REANUDACIÓN DEL PARTIDO.....	40
2.9. LEY 9 – EL BALÓN EN JUEGO Y PARADO.....	42
2.10. LEY 10 – MÉTODO DE TANTEO.....	44



2.11. LEY 11 – FUERA DE JUEGO.....	44
2.12. LEY 12 – FALTAS Y CONDUCTA ANTIDeportiva.....	44
2.13. LEY 13 – TIROS LIBRES.....	48
2.14. LEY 14 – EL TIRO DE PENALTI.....	49
2.15 LEY 15 – EL SAQUE DE BANDA.....	51
2.16 LEY 16 – EL SAQUE DE PUERTA.....	52
2.17 LEY 17 – EL SAQUE DE ESQUINA.....	52
2.18 LEY 18 – APÉNDICE A – REGLAS DE COMPETECIA.....	53
2.19 LEY 19 – APÉNDICE B – EXPERTOS EN VISIÓN.....	55
CAPÍTULO 3: COMPOSICIÓN MICROROBOT F180	56
3.1. SISTEMA DE VISIÓN.....	57
3.2. SISTEMA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	57
3.3. SISTEMA DE CONTROL DEL ÁRBITRO.....	57
3.4. ROBOTS.....	58
3.5. LOS PARTIDOS F180.....	59
3.6. ARQUITECTURA DEL MOCROROBOT F180.....	59
3.6.1. Sistema de procesamiento.....	59
3.6.2 Sistema de locomoción.....	60
3.6.2.1. El desplazamiento diferencial.....	61
3.6.2.2. Tracción síncrona.....	62
3.6.2.3. Ruedas directrices o triciclo.....	63
3.6.2.4. Tracción Ackerman.....	64
3.6.2.5. El desplazamiento omnidireccional.....	65
3.6.3. Sistema de alimentación.....	66
3.6.4. Estructura.....	67

3.6.5. Sistema de disparo.....	68
3.6.6. Sistema dribbler.....	69
CAPÍTULO 4: ESTRUCTURA.....	70
4.1. INTRODUCCIÓN.....	70
4.2. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DEL PROTOTIPO 2010.....	70
4.2.1. Planta baja de la estructura.....	70
4.2.2. Escuadras para los motores del sistema de locomoción.....	72
4.2.3. Acoplamiento rueda motor.....	72
4.2.4. Escuadra para el solenoide.....	73
4.2.5. Sujeción y fijación del sistema dribbler.....	73
4.2.6. Primera planta de la estructura.....	73
4.2.7. Cubierta del robot.....	74
4.3. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DEL PROTOTIPO 2011.....	74
4.3.1. Base de la estructura.....	74
4.3.2. Escuadras para los motores del sistema de locomoción.....	75
4.3.3. Acoplamiento rueda motor.....	75
4.3.4. Escuadra para el solenoide.....	76
4.3.5. Sujeción y fijación del sistema dribbler.....	77
4.3.6. Cubierta del robot.....	77
4.3.7. Mejoras implementadas respecto al prototipo de 2010.....	77
4.4. ESTRUCTURA PARA EL PROTOTIPO DE 2013.....	78
4.4.1. Normativa a cumplimentar.....	78
4.4.2. Base de la estructura.....	79
4.4.3. Escuadras para el sistema de locomoción.....	81
4.4.4. Escuadra para el motor del disparador.....	81



4.4.5. Escuadras para el disparador.....	81
4.4.6. Soportes para el dribbler.....	83
4.4.7. Columnas para la fijación de las placas de control.....	83
4.4.8. Diseño de la carcasa exterior del robot.....	84
4.4.9 Acoplamiento rueda motor.....	87
4.5. MEJORAS IMPLEMENTADAS.....	88
4.6. MONTAJE FINAL DEL PROTOTIPO	88
CAPÍTULO 5: SISTEMA DE DISPARO	89
5.1. INTRODUCCIÓN.....	89
5.2. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE DISPARO.....	89
5.2.1. Neumático.....	89
5.2.2. Servomotores.....	91
5.2.3. Muelle.....	93
5.2.4. Solenoide.....	94
5.3. COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS DE DISPARO.....	96
5.4. SISTEMA DE DISPARO DEL PROTOTIPO 2010/2011.....	97
5.5. SISTEMA DE DISPARO DEL PROTOTIPO 2012.....	98
5.6.- PROTOTIPO DEL SISTEMA DE DISPARO 2013.....	101
5.6.1 Pistón.....	102
5.6.2 Tornillo sin fin.....	103
5.6.3 Carrete.....	103
5.6.4 Sistema de transmisión.....	105
5.7. MEJORAS IMPLEMENTADAS.....	106
5.8. MONTAJE FINAL DEL PROTOTIPO.....	107
CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES.....	108

6.1. CONCLUSIONES.....	108
6.2. POSIBLES MEJORAS.....	109
CAPÍTULO 7: PRESUPUESTO	111
7.1. COSTE MATERIAL.....	111
7.1.1. Estructura.....	111
7.1.2. Sistema de disparo.....	111
7.1.3. Sistema de locomoción.....	112
7.1.4. Sistema dribbler.....	112
7.1.5. Sistema de control.....	112
7.1.6. Alimentación.....	113
7.1.7. Placa de alimentación.....	113
7.1.8. Cables y conexionado.....	113
7.2. COSTE DE PERSONAL.....	113
7.3. PRESUPUESTO FINAL.....	114
CAPÍTULO 8: BIBLIOGRAFÍA	115
CAPÍTULO 9: ANEXOS	117
ANEXO 1: Hoja de características Rabbit RMC5600W.	
ANEXO 2: Hoja de características motor EC45 Flat Brushless 30W con electrónica integrada.	
ANEXO 3: Hoja de características convertidor DC-DC Traco TEN10-1211.	
ANEXO 4: Hoja de características motor MFA-941D41.	
ANEXO 5: Hoja de características correa transmisión disparador.	
ANEXO 6: Hoja de características poleas disparador.	
ANEXO 7: Hoja de características engranajes dribbler.	
PLANOS:	
- ANEXO 8: Base principal de la estructura.	
- ANEXO 9: Carcasa del microrobot	



- ANEXO 10: Escuadras para el sistema de locomoción.
- ANEXO 11: Escuadra delantera del sistema de disparo.
- ANEXO 12: Escuadra trasera del sistema de disparo.
- ANEXO 13: Carrete del sistema de disparo.
- ANEXO 14: Tornillo sin fin del sistema de disparo.
- ANEXO 15: Pistón del sistema de disparo.
- ANEXO 16: Sistema de gatillo.
- ANEXO 17: Soporte del sistema dribbler
- ANEXO 18: Varilla guía del sistema de disparo

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Capítulo 1: Introducción

Ilustración 1.1. Equipo participante RoboCup.....	15
Ilustración 1.2. Logotipo RoboCup.....	16
Ilustración 1.3. Partido robots humanoides.....	17
Ilustración 1.4. Partido de liga SSL.....	18
Ilustración 1.5. Logotipo LSI.....	19
Ilustración 1.6. Prototipo 2012.....	21
Ilustración 1.7. Logotipo AutoCad.....	22

Capítulo 2: Reglas del juego 2012

Ilustración 2.1 Dimensiones del campo de juego.....	25
Ilustración 2.2 Portería en detalle.....	27
Ilustración 2.3 Dimensiones máximas robot.....	30
Ilustración 2.4 Área mínima superior del robot.....	31
Ilustración 2.5 Patrón estándar para Robocup 2013.....	32
Ilustración 2.6 Asignación del color estándar para Robocup 2013.....	32
Ilustración 2.7 Sistema de regateo.....	33
Ilustración 2.8 Cómo se debe coger la pelota.....	47

Capítulo 3: Composición microrobot F180

Ilustración 3.1 Arquitectura del sistema.....	56
Ilustración 3.2 Partes funcionales de un robot F180.....	58
Ilustración 3.3 Módulo de control desarrollado por LSI-Eurobot 2008.....	60
Ilustración 3.4 Controlador comercial RCM4400-Rabbit.....	60
Ilustración 3.5 Tracción diferencial.....	61

Ilustración 3.6 Tracción síncrona.....	63
Ilustración 3.7 Ruedas directrices.....	63
Ilustración 3.8 Tracción Ackerman.....	64
Ilustración 3.9 Ruedas omnidireccionales en robótica.....	65
Ilustración 3.10 Ejemplo de plataforma Killough.....	66
Ilustración 3.11 Ejemplo de batería.....	67
Ilustración 3.12 Estructura de un robot F180.....	67
Ilustración 3.13 Opción de sistema de disparo para robot F180.....	68
Ilustración 3.14 Comparativa de sistema de disparo.....	68
Ilustración 3.15 Modelo de sistema dribbler.....	69
Ilustración 3.16 Dribbler RoboRoos.....	69

Capítulo 4: Estructura

Ilustración 4.1 Planta baja Prototipo 2010.....	71
Ilustración 4.2 Detalle piso bajo Prototipo 2010.....	71
Ilustración 4.3 Escuadras motor ruedas Prototipo 2010.....	72
Ilustración 4.4 Acoplamiento rueda motor Prototipo 2010.....	72
Ilustración 4.5 Detalle rueda con casquillo Prototipo 2010.....	72
Ilustración 4.6 Escuadra fija solenoide Prototipo 2010.....	73
Ilustración 4.7 Escuadras dribbler Prototipo 2010.....	73
Ilustración 4.8 Cubierta prototipo 2010.....	74
Ilustración 4.9 “VEX 2.7” rueda Prototipo 2011.....	74
Ilustración 4.10 Base prototipo 2011.....	75
Ilustración 4.11 Acoplamiento rueda motor Prototipo 2011.....	76
Ilustración 4.12 Escuadra y separadores del solenoide Prototipo 2011.....	76
Ilustración 4.13 Soporte Dribbler Prototipo 2011.....	77

Ilustración 4.14 Modelo estándar Robocup.....	78
Ilustración 4.15 Asignación de color Robocup.....	79
Ilustración 4.16 Base principal vista desde arriba.....	79
Ilustración 4.17 Láminas de aluminio.....	80
Ilustración 4.18 Escuadra rueda motor.....	81
Ilustración 4.19 Escuadra delantera del disparador.....	82
Ilustración 4.20 Escuadra trasera del disparador.....	82
Ilustración 4.21 Comparación espesores de la escuadra.....	82
Ilustración 4.22 Soportes para el dribbler.....	83
Ilustración 4.23 Columnas hexagonales.....	83
Ilustración 4.24 Tela fibra de carbono.....	84
Ilustración 4.25 Molde de madera.....	84
Ilustración 4.26 Fibra de carbono para ajustar en el molde.....	85
Ilustración 4.27 Fibra de carbono con resina en molde.....	85
Ilustración 4.28 Carcasa.....	86
Ilustración 4.29 Carcasa con logotipo LSI.....	86
Ilustración 4.30 Nuevas ruedas.....	87
Ilustración 4.31 Prototipo 2013.....	88

Capítulo 5: Sistema de disparo

Ilustración 5.1. Componentes de un circuito neumático.....	89
Ilustración 5.2. Compresor monoetapa y multietapa.....	90
Ilustración 5.3 Esquema de una válvula.....	90
Ilustración 5.4 Cilindro de simple efecto.....	91
Ilustración 5.5 Cilindro de doble efecto.....	91
Ilustración 5.6 Servo Futaba S3003.....	91
Ilustración 5.7 Disparo con servo.....	92

Ilustración 5.8 Muelle.....	93
Ilustración 5.9 Disparo con muelle.....	94
Ilustración 5.10 Líneas de fuerza del solenoide.....	95
Ilustración 5.11 Sistema de disparo usando un solenoide.....	95
Ilustración 5.12 Comparativa sistemas de disparo.....	96
Ilustración 5.13 Solenoide RP 16X16-ID.....	97
Ilustración 5.14 Solenoide con muelle.....	97
Ilustración 5.15 Circuito de prueba del solenoide.....	98
Ilustración 5.16 Motor de corriente continua.....	99
Ilustración 5.17 Esquema de la placa de control.....	99
Ilustración 5.18 Placa de control.....	99
Ilustración 5.19 Sistema de gatillo.....	100
Ilustración 5.20 Configuración del disparador.....	100
Ilustración 5.21 Configuración final del motor.....	101
Ilustración 5.22 Pistón.....	102
Ilustración 5.23 Tornillo sin fin.....	103
Ilustración 5.24 Carrete.....	104
Ilustración 5.25 Varilla guía.....	104
Ilustración 5.26 Escuadra del servo.....	104
Ilustración 5.27 Barra articulada.....	104
Ilustración 5.28 Prisionero de bola.....	105
Ilustración 5.29 Correa.....	106
Ilustración 5.30 Poleas de 18 y 36 dientes.....	106
Ilustración 5.31 Sistema de transmisión.....	107
Ilustración 5.32 Sistema de disparo.....	107

ACRÓNIMOS

3D→Tres Dimensiones
AIBO→ Artificial Intelligence roBOt
CAD→ Computer Aided Design (Diseño Asistido por Ordenador)
CAM→ Computer Aided Manufacturing (Fabricación Asistida por Ordenador)
CRI→ Centro de Rotación Instantáneo
DC→ Corriente Continua (dc)
DM→ Densidad Media
IA→ Inteligencia Artificial
IBM→ International Business Machines
ID→ Identificador
IEEE→ Institute of Electrical and Electronics Engineers
IRPF→ Impuesto sobre las Rentas de las Personas Físicas
Kg→ Kilogramo
LiPO→ Litio Polímero (referido a baterías)
LSI→ Laboratorio de Sistemas Inteligentes
mAh→ Miliamperios-hora
MAX→ Máximo/a
mH→ Milihenrio
mm→ milímetros
m/s→ metro por segundo
NASA→ National Aeronautics and Space Administration
SSL→ Small Size League
PC→ Personal Computer (Ordenador Personal)
rpm→ Revoluciones por minuto
UBC→ University of British Columbia
TFG→ Trabajo Fin de Grado
V→ Voltios
W→ Vatios
 μ F→ Microfaradio
Wi-Fi→ Wireless Fidelity

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

Este Trabajo de Fin de Grado (TFG) trata de ilustrar la metodología y resultados del análisis y diseño del sistema de disparo y la estructura de un microrobot. En este primer capítulo, se intentará ofrecer al lector una visión general del objetivo del proyecto.

Para poder enfocar los objetivos del trabajo de estudio, es importante introducir las condiciones y características de la competición en la que se desea participar con este Microrobot, Rocoscup Small Soccer League, por ello a continuación se explica el origen de la competición y una breve evolución histórica, además de dedicarle un capítulo a las normas de la competición.

Enlazando con lo anterior, se desarrollarán los objetivos, tanto globales como particulares, que justifican la realización de este proyecto. Más concretamente, este trabajo se centra en el análisis y mejora de un prototipo de microrobot creado por el equipo Robosoccer 2010, los siguientes apartados tienen por objeto exponer la metodología de análisis empleada, comprobando cada uno de los sistemas que lo componen y decidiendo cuáles son las funciones a mejorar de forma que el nuevo diseño alcance las expectativas requeridas.

Debido al carácter práctico de este documento, se han estructurado los capítulos de manera que se describirá la situación inicial del sistema objeto de estudio, y a continuación se propondrán las posibles mejoras o modificaciones justificando el rediseño de algunos elementos.

La finalidad última del documento es servir como guía para desarrollar en el futuro un equipo completo de microrobots, por lo que se ha tratado de condensar la información, y detallar los pasos seguidos para el diseño de los sistemas.



Ilustración 1.1: Equipo participante Robocup

1.1. BREVE EVOLUCIÓN HISTÓRICA

Tal y como se ha mencionado, el objetivo de este proyecto es crear un prototipo de microrobot capaz de competir en la RoboCup Soccer Small Size League, una liga que, basándose en el juego del fútbol, incentiva la investigación y desarrollo de la tecnología robótica. Dicha competición organizada a nivel internacional, consta de diferentes disciplinas y modalidades en función del tipo de robot y/o la finalidad de la competición.

La meta final de la organización de RoboCup es alcanzar hacia la mitad de siglo XXI la tecnología necesaria para desarrollar un equipo de robots autónomos humanoides que se enfrenten en un partido de fútbol a la selección humana campeona del mundo en ese mismo año, y lograr derrotarla. Por ello, la competición consta de diferentes líneas de investigación que promueven disciplinas diferentes y enriquecen esta tecnología con nuevos sistemas inteligentes y colaborativos.

Todo esto ha sido posible gracias a la irrefrenable carrera tecnológica en la que se ha sumergido al mundo científico, buscando nuevas maneras de trabajar y soluciones para los problemas tanto técnicos como cotidianos de las personas. Así, a lo largo de los últimos, años la humanidad ha podido presenciar grandes avances en el campo de la robótica y la inteligencia artificial.

Después de una serie de estudios de viabilidad tanto técnica y económica, como de impacto social, en junio de 1993, los japoneses Minoru Asada, Yasuo Kuniyoshi y Hiroaki Kitano decidieron iniciar la primera competición robótica bajo el nombre Robot J-League. Tras unos pocos meses, la competición se amplió a nivel mundial por petición de la comunidad científica internacional. Así nació “The Robot World Cup Initiative”, más conocido con el nombre RoboCup [11]. La primera competición oficial se celebró en 1997, con la participación de 40 equipos y 5.000 espectadores, lo que le propició un éxito incuestionable.



Ilustración 1.2: Logotipo RoboCup

La Federación RoboCup es una organización internacional registrada en Suiza, cuya misión es promover la ciencia y la tecnología a través de robots y agentes de software que juegan fútbol, a través de la comunidad científica mundial. Se permite la creación de comités de calado nacional para fomentar la participación global. En 2007 se creó el comité español (Spanish RoboCup National Committee), reconocido por la federación [11] y que sirve como interlocutor entre la organización internacional y las iniciativas locales. A pesar de esto, tan

solo un equipo ha participado de manera sustancial en los últimos años, aunque esta participación va aumentando y se pueden encontrar otros grupos en las diferentes disciplinas.

Todas las competiciones de robots basadas en el fútbol buscan investigar y desarrollar un equipo de robots autónomos, que actúen de forma cooperativa, es decir, con un mismo fin, y enfrentándose a un entorno dinámico.

Actualmente existen diferentes modalidades de campeonatos de fútbol para robots, según la morfología del robot y la normativa que les rige. A continuación se destacan las cinco categorías que organiza RoboCup Soccer [11]:

- Liga de simulación: Es la competición de mayor trayectoria histórica y se centra en el desarrollo de la inteligencia artificial y la estrategia de equipo, ya que no existen robots físicos. Se trata de once agentes virtuales que se enfrentan en un terreno de juego virtual. A su vez, hay dos modalidades dentro de esta liga: podemos encontrar simuladores de dos dimensiones o 3D.
- Liga de plataforma estándar: Consiste en proporcionar a todos los equipos el mismo robot, liberando el diseño hardware del mismo, y por lo tanto incentivando el desarrollo a nivel de software.
- Liga de robots humanoides: En este caso, los robots toman forma humanoide, lo que hace más difícil el equilibrio, al poseer únicamente dos apoyos, y tener que patear el balón. Es la única liga en la que se permite la intervención humana. Se divide a su vez en tres sub-ligas en función del tamaño de los robots, a saber, “teen size”, “kid size” and “adult size”.

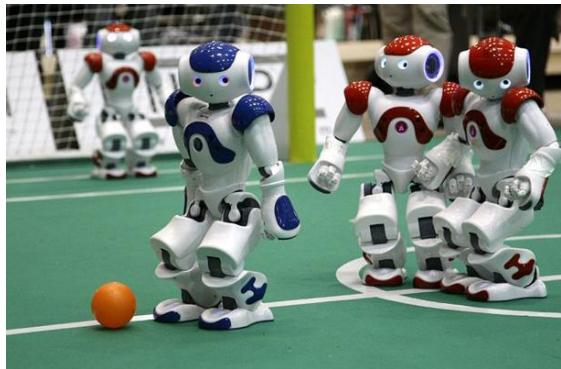


Ilustración 1.3: Partido robots humanoides

- Liga de robots de tamaño pequeño (Small Size): Dos equipos de cinco robots cada uno, con un tamaño no mayor a un cilindro de 180 mm de diámetro y 150 mm de altura juegan al fútbol en un campo de dimensiones definidas con una pelota de golf. Los robots son totalmente autónomos y un sistema central de visión obtiene la información del ambiente y de los robots, mientras un sistema de control envía instrucciones de manera inalámbrica a los robots. Se centra en la problemática del control y cooperación de robots inteligentes bajo una alta variabilidad del entorno. Es también conocida como

SSL por sus siglas en inglés aunque su nombre oficial es F180 (proviene de los 180mm de diámetro máximo de los robots).



Ilustración 1.4: Partido de liga SSL

- Liga de robots de tamaño medio: Los equipos están formados por un número de hasta seis robots, cuyo diámetro no debe superar los 50cm, y que compiten con una pelota de tamaño normal de fútbol. Poseen sensores integrados para obtener información del ambiente y un sistema de visión local.

El presente documento se centra en el diseño y construcción de un robot prototipo para la competición SSL (Small Size League). El equipo debe estar formado por cinco robots autónomos capaces de reconocer su posición dentro del terreno de juego, la posición de la pelota, y de otros obstáculos como puede ser el resto de robots. Además deben calcular su trayectoria, interceptar la pelota y golpearla según las decisiones del sistema central de IA. Todo ello respetando escrupulosamente las normas del concurso, empezando por las especificaciones dimensionales permitidas.

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

A través del departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, en concreto el Laboratorio de Sistemas Inteligentes (LSI), la universidad trata de promover entre la comunidad académica la participación en las diferentes competiciones tanto de calado nacional como internacional. Así, se puede recalcar la participación de la universidad en la competición EUROBOT [17],[1], durante diversos años, tras los que ha logrado notables resultados. El LSI funciona como centro de investigación para el desarrollo de la ciencia y la tecnología en diversos campos, a saber, inteligencia artificial, comportamiento autónomo, visión por computador, etc. Su principal logro es aunar estudiantes de diferentes especialidades para colaborar en proyectos conjuntos y aprovechar las sinergias que se producen en este conjunto multi-disciplinar. Por todo lo anterior, resulta ser el lugar y la organización adecuados para desarrollar el presente proyecto.

Se ha escogido este proyecto por las altas expectativas de su objetivo y el reconocimiento mundial alcanzado. Tal y como se ha mencionado anteriormente, el objetivo último de la competición es obtener un equipo de robots autónomos e inteligentes capaces de

enfrentarse a un equipo de personas, para el año 2050. El objetivo es desarrollar un equipo completo de cinco robots para formar parte de la liga SSL, y participar de manera competitiva.

Para ello se trabaja actualmente con un primer prototipo en el que se estudiarán las funcionalidades y características propias, para depurar y mejorar los sistemas tanto físicos como los relacionados con el software.

Cabe destacar el papel del departamento de informática de la universidad, cuya misión es desarrollar las tácticas y estrategias que se ejecutarán a alto nivel y que generará las instrucciones de actuación a los miembros del equipo. Este sistema estará alimentado por el sistema de visión común a ambos equipos, y se comunicará a través de Wi-Fi con los robots de su mismo equipo.

1.3. OBJETIVOS

El Laboratorio de Sistemas Inteligentes (LSI) perteneciente a la universidad, funciona como un centro de investigación para el desarrollo de la ciencia y la tecnología en diversos campos, como por ejemplo, inteligencia artificial, comportamiento autónomo, visión por computador, etc. Gracias a este carácter multidisciplinar, se decidió participar en la Robocup SSL, ya que engloba varias de las ramas de las que se compone el departamento.



Ilustración 1.5: Logotipo LSI

Cabe destacar el papel del departamento de informática de la universidad, cuyo objetivo es el desarrollo de tácticas y estrategias que generaran las instrucciones de los integrantes del equipo.

1.3.1. Objetivo global del proyecto

El objetivo general del proyecto es la participación en la competición SSL con un equipo autónomo que represente a la Universidad Carlos III. La participación está ligada a que el robot cumpla una serie de normas impuestas por la competición.

Partiendo del objetivo principal, se realizan proyectos como este, encargados del diseño de los distintos módulos del robot, con el fin de dividir el trabajo entre varios estudiantes. Al final, se realizará un proyecto en el cual se unificarán todos los sistemas y se

construirán los cinco robots teniendo en cuenta los demás trabajos. Estos proyectos son marcadamente prácticos.

Como se acaba de comentar, el microrobot F180 está formado por diferentes módulos, en concreto este proyecto se centrará en el desarrollo de una solución viable al sistema de disparo y a la estructura que da forma y sustentación al robot. Además de estos, existen otros módulos que se deberán tener en cuenta en el diseño, ya sea por las interrelaciones entre ellos o por la funcionalidad misma del sistema. A continuación los describimos todos.

- **Sistema de procesamiento**, destinado al tratamiento de datos y de las comunicaciones. La composición de esta placa se basa en un microprocesador con entradas y salidas, tanto analógicas como digitales, para recibir o emitir las señales, y un sistema de comunicación capaz de transmitir vía Wi-Fi las señales deseadas.
- **Sistema de alimentación**, tiene la finalidad de proporcionar energía al resto de sistemas, tanto móviles como de procesamiento. Estará formado por una batería capaz de proporcionar suficiente autonomía y potencia al robot para operar libremente, y un módulo donde conectar los elementos necesarios.
- **Sistema de locomoción**, permite el movimiento libre y rápido del robot en cualquier dirección. Utiliza un tipo de ruedas multidireccionales (denominadas omnidireccionales); además de los motores y el sistema de transmisión para generar el giro de estas ruedas.
- **Sistema de disparo**, permite golpear la pelota con diferentes intensidades según se realice un pase o un disparo a portería. Éste es uno de los sistemas que marcan la diferencia con el resto de competidores, ya que los puntos de cada partido se consiguen, en gran medida, gracias a la potencia y versatilidad del disparador.
- **Sistema de dribbling**, también conocido como regateo, sirve para mantener la pelota en posesión del robot, y desplazarla cuando resulte necesario, esquivando a los contrarios.
- **Estructura**, nos permite albergar todos los sistemas que se acaban de describir. Es necesaria una estructura sólida que los pueda sustentar y sujetar, además de protegerlos de elementos internos. Sirve también para identificar a los miembros del equipo y diferenciarlos de los contrarios. Este elemento será el que marque las dimensiones finales del robot, y por tanto, cumpla la normativa de la competición.

Para el correcto funcionamiento del robot, los sistemas mencionados deben operar de manera conjunta y coordinada.

Como ya se ha explicado, el presente documento se ha redactado teniendo en cuenta su utilización futura por el LSI, y los equipos de trabajo que participen en él (para la participación en la SSL), sirviendo como aglutinador de las experiencias y conclusiones adquiridas durante el desarrollo e implementación del proyecto.

1.3.2. Objetivo particular del proyecto

Este documento se centra en la optimización y modificación de los sistemas enumerados a continuación, sobre los existentes en el robot prototipo del año 2011 en el caso de la estructura y 2012 en el del sistema de disparo.

- Estructura: El presente documento se centra en solventar los problemas de diseño de la estructura, para albergar y sustentar los elementos hardware de todos los sistemas. Se estudiará la posible adaptación de la estructura existente para la nueva configuración del sistema de locomoción y de disparo, y se diseñarán, en caso de ser necesario, los elementos estructurales que se requiera. Por lo tanto, se adaptará la nueva estructura a las características y dimensiones de los nuevos elementos seleccionados. Además, se justificará la ubicación y posición de cada uno de los elementos y materiales empleados.
- Sistema de disparo: En este proyecto se ha buscado mejorar el sistema propuesto en proyectos anteriores, otorgándole mayor rapidez de respuesta a la hora de realizar un golpeo, disminuyendo el espacio ocupado por el sistema y mejorando la transmisión motor pistón. Se justificarán las mejoras realizadas de cada uno de los elementos y materiales empleados, además de la ubicación.

En los casos en los que se demuestre que los sistemas implementados con anterioridad no son óptimos, se propone, diseñar e implementar una nueva solución que corrija las carencias detectadas, siempre que se cumplan las reglas y normativas de la competición.

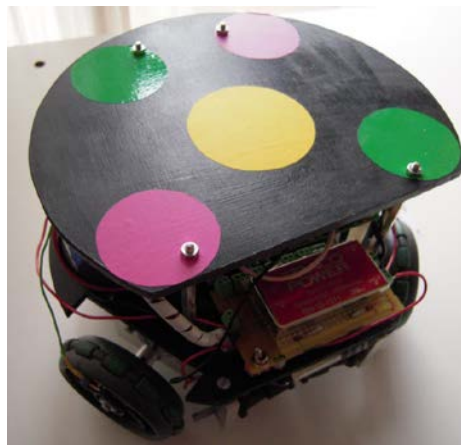


Ilustración 1.6: Prototipo 2012

1.4. FASES DE DESARROLLO

Para la realización de este proyecto se han estudiados los sistemas existentes desarrollados para los prototipos anteriores. Se han buscado las deficiencias en el funcionamiento del robot y las posibles mejoras.

La elaboración de las nuevas piezas se han basado, en gran medida, en los sistemas de años anteriores, diseñándose para su fabricación en los casos que han sido posible, o comprándolas si su fabricación no fuese viable.

En primer lugar, se ha observado el funcionamiento del robot en conjunto, evaluando las funciones diseñadas. El posterior estudio de los diferentes sistemas se ha realizado por separado, para estudiar más tarde las interacciones entre ellos, de forma que el diseño de los distintos sistemas se ha llevado a cabo de forma paralela; lo más parecido posible al método de ingeniería concurrente. Por ejemplo, si se detectan ciertos problemas en la movilidad del robot, se estudiarán los sistemas implicados: locomoción, disparo... Tomando soluciones concretas, pero teniendo en cuenta las alteraciones en otros sistemas como pueden ser los elementos estructurales del robot y proponiendo una solución que satisfaga los requerimientos de cada uno de los sistemas. De esta forma se garantiza la mejora global del robot, ya que se evita el riesgo de conseguir un diseño de alta calidad para uno de los sistemas, a costa de restar funcionalidad a los demás.

Por último se han analizado las mejoras conseguidas y se han evaluado los futuros trabajos para el próximo prototipo de la Small Size League.

1.5. MEDIOS EMPLEADOS

Para lograr alcanzar el objetivo de este proyecto, es necesario disponer de los recursos adecuados, ya sean medios humanos o físicos. El éxito de cualquier proyecto se basa en la adecuada selección y utilización de los medios necesarios. En este caso, se han empleado los medios facilitados por la Universidad, así como los conseguidos por los alumnos implicados directamente en el desarrollo del proyecto.

En cuanto a los medios humanos empleados cabe destacar el apoyo de las personas implicadas en este proyecto, en concreto, al profesorado de los departamentos de electrónica y automática. Otros medios humanos empleados son los profesionales de oficina técnica, encargados de la fabricación de ciertas partes del robot, y el personal del departamento de compras para gestionar los pedidos de los elementos seleccionados en el mercado.

Cabe destacar el uso de AutoCad [12] , como programa empleados para el diseño de las diferentes piezas del robot. Es un software de diseño asistido por ordenador para dibujos de dos y tres dimensiones. La palabra AutoCad viene de Auto, por la empresa creadora del programa, Autodesk, y por CAD, Computer Aided Design (Diseño Asistido por Ordenador). Este software ha resultado muy útil a la hora de diseñar las piezas para proceder a su posterior fabricación.



Ilustración 1.7: Logotipo AutoCad

1.6. ESTRUCTURA DE LA MEMORIA

El presente documento consta de nueve capítulos en los que se desarrolla el análisis y el diseño de los sistemas del microrobot F180. Con el fin de facilitar la lectura de la memoria, se incluye a continuación un breve resumen de cada capítulo.

Como se ha visto hasta ahora, a lo largo del primer capítulo se ha explicado la problemática a resolver, y el contexto del proyecto, así como los medios y los objetivos que se pretenden alcanzar.

En el segundo capítulo, se definen las reglas y normas para la participación del robot en la competición de Robocup SSL. Estos requisitos estarán presentes a lo largo del desarrollo del proyecto, ya que son determinantes para la consecución del objetivo final, y crean el marco de especificaciones de los sistemas. Estas normas engloban desde las dimensiones máximas y mínimas del robot, hasta la dinámica y arbitraje de los partidos, que afectará en gran medida a la programación y definición de la estrategia del equipo.

A lo largo del tercer capítulo se describe la composición y los principales sistemas del microrobot F180. En este apartado se pretende dar una visión general de los distintos sistemas de los que se compone el robot, dando una visión global de su configuración y funcionamiento.

En los dos siguientes capítulos, nos centramos en los sistemas estudiados para este proyecto, sistema de disparo y estructura. Los dos presentan una breve introducción indicando el elemento que se va a analizar, un análisis del sistema de prototipos anteriores indicando las principales características y las soluciones adoptadas, y por último en el prototipo de 2013 se detallan los cambios realizados según los problemas encontrados y la situación actual del prototipo. Finalmente, se detallan las mejoras alcanzadas para cada elemento, y la ubicación del mismo dentro del robot.

Por último, se presenta un resumen de las mejoras y acciones implementadas, y la propuesta de posibles líneas de trabajo futuras; bajo el capítulo de conclusiones; así como un apartado dedicado al presupuesto para exponer los costes derivados del diseño y construcción del robot.

Como soporte y documentación del proyecto, se han incluido una sección de bibliografía con las referencias literarias y electrónicas consultadas; y un capítulo de anexos que recogen los catálogos, hojas de características y planos de los elementos del microrobot estudiados en este proyecto. No se ha querido incluir hojas de características de otros sistemas del microrobot por el gran volumen del proyecto, estos se pueden consultar en los proyectos en los que se desarrollaron específicamente esos sistemas.

CAPÍTULO 2: REGLAS DEL JUEGO – 2011

Este capítulo incluye las normas del concurso de la SSL para la edición del año 2012 [11]. Se pretende proporcionar al lector la visión y conocimientos necesarios acerca de la competición, para facilitar la justificación de ciertos parámetros aplicados al diseño del microrobot. Estas normas se publican desde la federación de RoboCup, por lo que se ha tratado de transmitir esta información de la manera más fiel posible.

Estas líneas describen tanto la dinámica del juego y los partidos, como las normas de diseño y las dimensiones máximas que se deben cumplir. Por lo tanto, desde aquí se pueden extraer los objetivos y requerimientos que deben cumplir cada uno de los sistemas del robot. De acuerdo con el reglamento vigente se desarrollará, a lo largo del documento, la solución adoptada en cada sistema.

Los siguientes apartados describen detalladamente las normas de la competición:

- LEY 1 - El terreno de juego
- LEY 2 - El balón
- LEY 3 - El número de robots
- LEY 4 - El equipo de robótica
- LEY 5 - El árbitro
- LEY 6 - El árbitro asistente
- LEY 7 - La duración del partido
- LEY 8 - El inicio y la reanudación de juego
- LEY 9 - El balón en juego y parado
- LEY 10 - El método de puntuación
- LEY 11 - Fuera de juego
- LEY 12 - Faltas y conducta antideportiva
- LEY 13 - Tiros libres
- LEY 14 - El tiro de penalti
- LEY 15 - El saque de banda
- LEY 16 - El saque de puerta
- LEY 17 – El saque de esquina
- Apéndice A - Reglas de Competencia
- Apéndice B – Expertos en Visión

2.1. LEY 1 - EL TERRENO DE JUEGO

Dimensiones

El campo de juego debe ser rectangular. Las dimensiones incluyen las líneas de contorno.

Longitud: 6050mm

Anchura: 4050mm



Ilustración 2.1.- Dimensiones del campo de juego

La superficie del campo

La superficie de juego es de color verde, de fieltro o moqueta. El suelo debajo de la alfombra debe ser una superficie nivelada, plana y dura.

La superficie del campo se aumentará 675 mm más allá de las líneas fronterizas por todo el contorno. Los 425mm del exterior de esta zona de escape se utilizan para el paso a pie del árbitro designado a esta zona (véase la Ley 5). En el borde de la superficie del campo, una pared de 100 mm de altura impedirá que la pelota y los robots salgan fuera del borde exterior.

Líneas del campo

El campo de juego está marcado con líneas. Las líneas pertenecen a las áreas, de las que son las fronteras.

Los dos lados más largos se llaman los límites de contacto (las bandas). Los dos lados más cortos se llaman límites de gol.

Todas las líneas son de 10 mm de ancho y pintadas de blanco.

El campo de juego se divide en dos mitades por una línea en la mitad del campo.

La marca de centro del campo indica en el punto medio del campo y se caracteriza por estar rodeado de un círculo de 1000mm con un diámetro.

El Área de Defensa

Un área de la defensa se define en cada extremo del campo de la siguiente manera: Dos cuartos de círculo con un radio de 500mm se dibujan en el terreno de juego. Estos cuartos de círculo están conectados por una línea paralela a la línea de meta. La configuración exacta se muestra en la figura 2.1.

La zona delimitada por este arco y la línea de meta es el área de defensa.

Punto de penalti

Dentro de cada área de la defensa se marca un punto de penalti que se sitúa a 450 mm desde el punto medio entre los postes y equidistante a ellos. La marca es un círculo de 10 mm de diámetro de pintura blanca.

Porterías

Las porterías deben ser puestas en el centro de cada límite de gol. Constan de dos paredes laterales verticales de 160mm, unidas por detrás por una pared vertical de 160 mm.

La cara interna de la meta tiene que ser cubierta con un material absorbente de energía como la espuma para ayudar a absorber los impactos de las bolas y disminuir la velocidad de las desviaciones. Respecto a las porterías, las paredes, los bordes, y las tapas son de color blanco.

Hay una barra redonda de acero con forma de cruz que recorre la parte superior de la portería y está dispuesta en paralelo a la línea de meta. No tiene de más de 10mm de diámetro, pero es lo suficientemente fuerte para desviar el balón. La parte inferior de la barra está a 155mm de la superficie del campo, la barra es de color oscuro para reducir al mínimo la interferencia con los sistemas de visión. La parte superior de la meta está cubierta por una red

fin para evitar que la bola pueda entrar en la portería desde arriba. Se sujeta de forma segura a la barra y las paredes de la portería.

La distancia entre las paredes laterales es de 700mm. La meta es de 180mm de profundidad. La distancia desde el borde inferior del larguero a la superficie de juego es de 150mm.

El piso interior de la portería es el mismo que el resto de la superficie de juego. Las paredes de la portería son de 20mm de espesor.

Las porterías deben estar ancladas firmemente a la superficie de terreno.

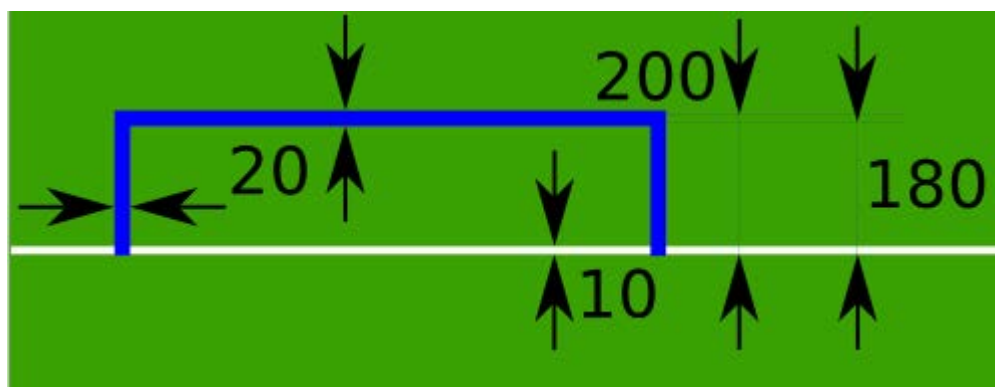


Ilustración 2.2.- Portería en detalle

Equipo para montaje de las cámaras

La barra de montaje tendrá 4 m de longitud sobre el terreno. La barra se coloca por encima de la línea media del campo de meta a meta. La barra debe montarse de forma segura para que no se descuelgue bajo una fuerza externa pequeña, y no debe doblarse o torsionarse de manera significativa debido al peso del equipo de vídeo.

Sistema de visión compartida

Cada campo está provisto de un sistema centralizado de visión compartida y un conjunto de cámaras compartidas. Este equipo de visión compartida utiliza el software “SSL-Vision” para comunicar los datos de localización a los equipos vía Ethernet en formato paquete que será anunciado por los desarrolladores del sistema compartido de visión antes de la competición. Los equipos tendrán que asegurarse de que sus sistemas son compatibles con la salida del sistema compartido de visión y de que sus sistemas son capaces de manejar las propiedades típicas de los datos de sensorización del mundo real proporcionados por el sistema de visión compartida (incluyendo ruido, retraso, o detecciones ocasionales fallidas y errores de clasificación).

Además del equipo de visión compartida, los equipos no pueden montar sus propias cámaras u otros sensores externos, a menos que sean específicamente anunciados o permitidos por los respectivos organizadores de la competición.

El sistema de visión compartida en cada campo está bajo mantenimiento de uno o más expertos de visión. El proceso de selección de estos expertos será comunicado por los organizadores de la competición. El Apéndice B describe las labores de los expertos de visión.

Decisiones del Comité Técnico de la Liga Small Size

Decisión 1

El comité organizador local debe proporcionar una luz difusa de condiciones uniformes, de aproximadamente 500 LUX como mínimo. No se utilizará un equipo de iluminación especial para proporcionar estas condiciones. El brillo no está garantizado ni se espera que esté completamente uniforme a través de la superficie del campo. Se espera que los equipos sean autosuficientes para hacer frente a las variaciones que se produzcan cuando se utiliza la iluminación ambiente. El comité organizador dará a conocer detalles de la iluminación de acuerdo a la competición tan pronto como sea posible.

Decisión 2

Ningún tipo de publicidad comercial, ya sea real o virtual, está permitido en el terreno de juego y el equipo de campo (incluidas las redes y las áreas que delimitan) desde el momento en que los equipos entran en el terreno de juego hasta el descanso y desde éste hasta el momento en que vuelven a entrar en el terreno de juego hasta el final del partido. En particular, ningún material de publicidad de cualquier tipo puede aparecer dentro de los objetos o las paredes. Los equipos ajenos (cámaras, micrófonos, etc) también se ajustarán a estas normas.

Decisión 3

El color específico y la textura de la superficie no se especifican y puede variar de una competición a otra (como los campos de fútbol reales pueden variar). La superficie por debajo de la alfombra estará nivelada y dura. Entre las superficies autorizadas se incluyen: cemento, linóleo, pisos de madera, madera contrachapada, mesas de ping-pong y tableros de partículas. Moqueta o superficies acolchadas no están permitidas. Se pondrá todo el empeño en asegurar que la superficie sea plana, sin embargo, corresponde a los equipos individuales el diseño de sus robots para hacer frente a la ligera curvatura de la superficie.

2.2 LEY 2 – EL BALÓN

Calidad y Medidas

La pelota es una pelota de golf estándar de color naranja. Ésta será:

- esférica
- de color naranja
- de aproximadamente 46 gramos de masa
- de aproximadamente 43 mm de diámetro

Sustitución de una pelota defectuosa

Si el balón se vuelve defectuoso durante el transcurso de un partido:

- el partido se detiene

- el partido se reanuda mediante la colocación de la bola de sustitución en el lugar donde la primera bola se convirtió en defectuosa.

Si la pelota se vuelve defectuosa mientras no está en juego, es decir, durante un saque inicial, saque de puerta, saque de esquina, u tiro libre, un penalti o un saque de banda; el partido se reanuda de acuerdo a esa situación.

El balón no puede ser sustituido durante el partido sin la autorización del árbitro.

2.3. LEY 3 – EL NÚMERO DE ROBOTS

Robots

Un partido se juega con dos equipos, cada uno compuesto de no más de cinco robots, uno de los cuales deberá ser el portero. Cada robot debe ser claramente numerado de modo que el árbitro puede identificarlo durante el partido. El portero debe ser designado antes del comienzo del partido. Un partido no puede comenzar a menos que ambos equipos designen antes un portero.

Intercambio

Los robots pueden ser intercambiados. No hay límite en el número de intercambios.

Procedimiento de intercambio

Para el intercambio de un robot, se deben observar las siguientes condiciones:

- El intercambio sólo puede hacerse durante una interrupción del juego.
- El árbitro ha sido informado antes de que el intercambio se haga.
- El robot de intercambio entra en el campo de juego después de que el robot a sustituir ha sido eliminado.
- El robot intercambiado entra en el campo de juego en la línea del centro.

Cambiar el portero

Cualquiera de los otros robots pueden cambiar de lugar con el portero, siempre que:

- el árbitro esté informado antes de efectuarse la modificación.
- el cambio se realice durante una interrupción en el partido.
-

Robots Expulsados

Un robot que ha sido expulsado se puede intercambiar por otro robot que sale del campo.

Las decisiones del Comité Técnico F180

Decisión 1

Cada equipo debe tener un único controlador de robot encargado de realizar el intercambio cuando sea necesario. No hay otros miembros del equipo que puedan invadir el área que rodean el campo. El movimiento de los robots por el controlador no está permitido.

2.4. LEY 4 - EL EQUIPO DE ROBÓTICA

Seguridad

Un robot no debe tener nada en su construcción que sea peligroso para sí mismo, otro robot o para los seres humanos.

Forma

El robot debe entrar en un cilindro de 180mm de diámetro y tener una altura de 150mm o menor. Adicionalmente, la parte superior de robot debe ajustarse al tamaño y forma del Patrón Estándar como se describe más abajo en esta misma Ley.

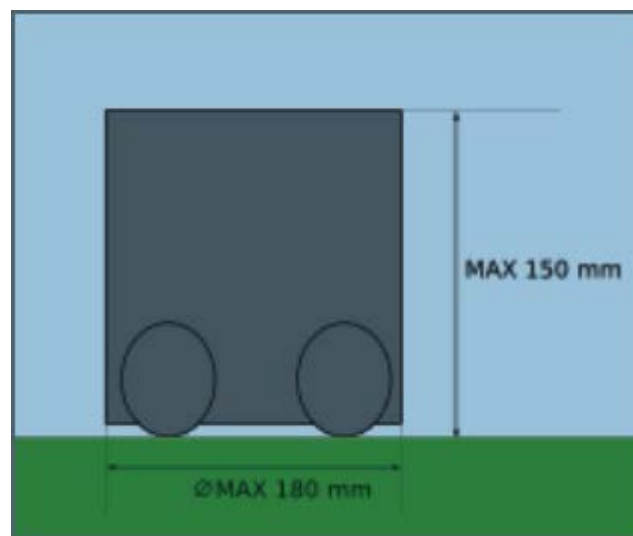


Ilustración 2.3: Dimensiones máximas robot

Locomoción

Las ruedas del Robot (u otras superficies que entren en contacto con la superficie de juego) deben ser de un material que no dañe la superficie de juego.

Comunicación inalámbrica

Los robots pueden utilizar la comunicación inalámbrica con las computadoras o las redes situadas fuera del campo.

Color del equipo

Antes del partido, a cada uno de los dos equipos se le asignará un color, siendo amarillo o azul. Todos los equipos tienen que ser capaces de ser de color amarillo y azul. El color de equipo asignado es usado como la marca central de todos los robots del equipo. El layout detallado del marcador está descrito en la siguiente sección “Patrón Estándar”.

Patrón estándar

Todos los equipos participantes deben llevar la pegatina entregada según los requerimientos de operación del sistema de visión compartida (ver Ley 1). En concreto, los equipos deben usar un determinado conjunto de colores y patrones estandarizados en la parte superior de su robot.

Para asegurar la compatibilidad con los patrones estandarizados del sistema compartido de visión, todos los equipos deben asegurarse de que todos sus robots tienen una superficie plana en su parte superior con espacio suficiente disponible. El color de la parte superior del robot será de color negro o gris oscuro y tener un acabado mate (no brillante) para evitar los deslumbramientos. El patrón estándar del SSL-Vision está garantizado para reconocer un círculo de 85mm de radio que cortará la parte frontal del robot a una distancia de 55mm desde el centro como se muestra en la Ilustración 2.4. Los equipos deben asegurarse de que la parte superior de su robot tiene dimensiones inferiores a las del área descrita.

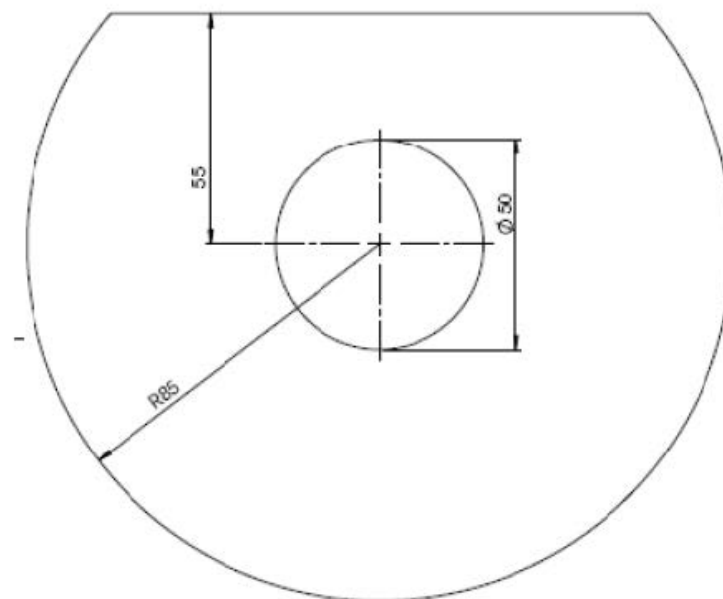


Ilustración 2.4: Área mínima superior del robot

El patrón estándar que se usará por todos los equipos en el RoboCup 2013 se muestra en la Ilustración 2.5. Nota, los organizadores se reservan el derecho de cambiar el patrón en cualquier momento, si fuese necesario. Por consiguiente, los equipos deben asegurarse de que todavía se mantiene conforme al tamaño de la parte superior del área estandarizado como se representa en la Ilustración 2.5.

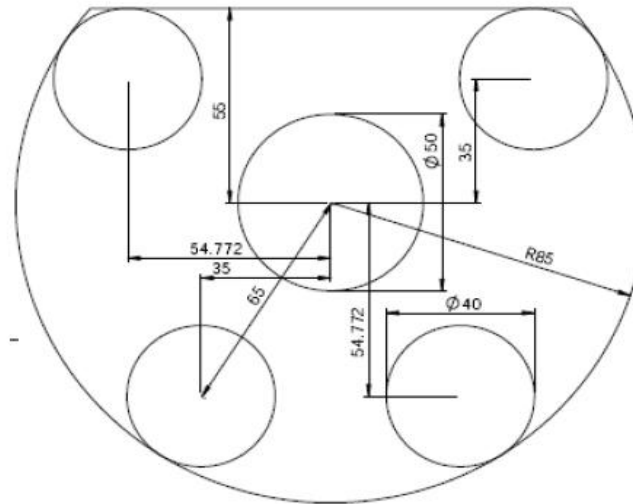


Ilustración 2.5: Patrón estándar para Robocup 2013

Cada robot debe utilizar el patrón estandarizado con una única combinación de colores seleccionada desde el conjunto entre las posibles combinaciones de colores. No puede haber dos robots que usen la misma combinación de colores. El color del punto central determina el equipo y su color será azul o amarillo.

El papel de colores estandarizado o cartulina con los colores requeridos se entregará en la competición. El conjunto legal de asignaciones de colores se muestra en la Ilustración 2.6¹.

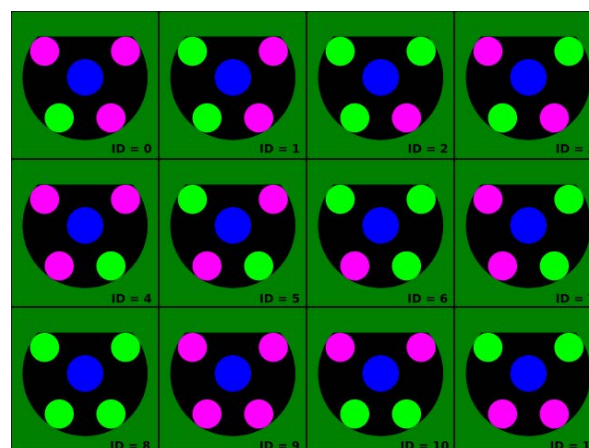


Ilustración 2.6: Asignación de colores estándar para la Robocup 2013

¹ Los organizadores se reservan el derecho de cambiar esta asignación de colores en cualquier momento en caso de ser necesario.

Se recomienda a los equipos seleccionar la asignación de colores con ID 0-7 ya que se ha comprobado experimentalmente que son más estables, así como que no hay riesgo de que los dos puntos de la parte trasera se confundan con los otros.

Autonomía

El equipo de robots será plenamente autónomo. Las operaciones humanas no están permitidas, no se permite introducir información en el equipo durante un partido, excepto en el descanso o durante un tiempo de espera.

Regateo

Los dispositivos que ejercen activamente un movimiento en la bola, para mantener la bola en contacto con el robot, se permiten bajo ciertas condiciones. El giro ejercido sobre la bola debe ser perpendicular al plano del campo. No se permiten dispositivos verticales o parcialmente verticales para mantener la bola en contacto con el robot en los lados del mismo. El uso de dispositivos de regateo también está restringido por la Ley 12, libre indirecto.

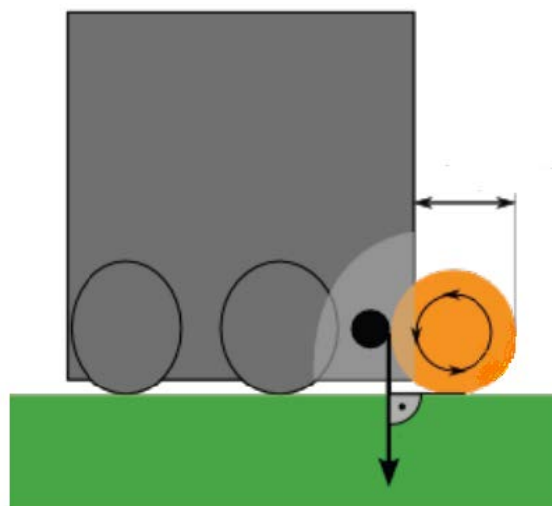


Ilustración 2.7: Sistema de regateo

Infracciones / Sanciones

Para cualquier infracción de la presente Ley:

- el juego no necesita ser detenido.
- el robot infractor es instado por el árbitro a abandonar el terreno de juego como medida punitiva.
- el robot deja el campo de juego cuando la pelota deja de estar en juego.
- ningún robot obligado a abandonar el terreno de juego para sancionar a su equipo vuelve a entrar sin el permiso del árbitro.
- el árbitro comprueba que el equipo del robot es correcto antes de permitir que vuelva a entrar en el terreno de juego.

- al robot sólo se le permite volver a entrar en el terreno de juego cuando el balón está parado.
- un robot que ha sido obligado a abandonar el terreno de juego debido a una infracción de la presente ley y que entra (o vuelve a entrar) al terreno de juego sin el permiso del árbitro es amonestado y se le mostrará tarjeta amarilla.

Reanudación del juego

Si el juego es detenido por el árbitro debido a que se hace necesario tomar alguna precaución, el partido se reanudará con un tiro libre indirecto a lanzar por un robot de la parte contraria, desde el lugar donde se encontraba el balón cuando el árbitro detuvo el partido.

Decisiones del Comité Técnico de la Liga Small Size

Decisión 1

Los participantes que utilizan las comunicaciones inalámbricas notificarán al comité organizador local el método de comunicación inalámbrica, potencia y frecuencia. El comité organizador local será notificado de cualquier cambio después de la inscripción tan pronto como sea posible.

Con el fin de evitar interferencias, un equipo debe ser capaz de seleccionar entre dos frecuencias portadoras antes del partido. El tipo de comunicación inalámbrica se ajustará a las normas legales del país donde se celebre la competición. El cumplimiento de las leyes locales es responsabilidad de los equipos que compiten, no de la Federación RoboCup. El tipo de comunicación inalámbrica puede también ser restringido por el comité organizador local. El comité de organización local dará a conocer cualquier restricción a la comunidad lo antes posible.

Decisión 2

Están permitidos los dispositivos de golpeo y disparo.

Decisión 3

Están específicamente prohibidos las puntas de metal y el Velcro, con el propósito de locomoción.

Decisión 4

No está permitida la comunicación inalámbrica por Bluetooth.

Decisión 5

Los colores oficiales serán proporcionados por el comité organizador. Los equipos deben usar los colores oficiales a menos que ambos equipos no estén de acuerdo.

Decisión 6

Adhesivos, como pegamento o cinta no puede ser utilizado con fines de control del balón o para construir dribladores (sistemas de regateo). El uso de dispositivos que utilizan por ejemplo un adhesivo para adherir la pelota a un robot se consideran una violación de la Regla 12, Decisión 4, por "la eliminación de todos los grados de libertad de la pelota". Además, el uso de adhesivos para cualquier propósito en el robot que provoque residuos sobre el balón o el campo, se considera como daño y son sancionados según la Ley 12.

Decisión 7

Antes del primer partido de la competición se realiza un chequeo de las normas. Si se considera que algún componente de cualquier equipo infringe una norma, el robot debe modificarse para ser compatible, y permitir su participación en los partidos.

2.5. LEY 5 - EL ÁRBITRO

La autoridad del árbitro

Cada partido es controlado por un árbitro que tiene plena autoridad para hacer cumplir las Reglas de Juego en relación con el partido para el que ha sido nombrado.

Atribuciones y Deberes

El árbitro:

- Hace cumplir las Leyes del Juego.
- Controla el partido en colaboración con los árbitros asistentes.
- Se asegura de que cualquier pelota utilizada cumpla los requisitos de la Ley 2.
- Asegura que el equipo de robótica cumple con los requisitos de la Ley 4
- Informa a los árbitros asistentes de cuándo comienzan y terminan los períodos de tiempo, de conformidad con la Ley 7.
- Detiene, suspende o termina el partido, a su discreción, por cualquier infracción de las leyes.
- Detiene, suspende o termina el partido debido a interferencias externas de cualquier clase.
- Detiene el partido si, en su opinión, es probable que un robot cause daños graves a los seres humanos, otros robots o a sí mismo y asegura que se retira del terreno de juego.
- Colocar la bola en una posición neutral, si se queda atrapada durante el juego.
- Permite que el juego continúe si el equipo contra el que se ha cometido una falta se beneficia de tal ventaja y penaliza la falta original si no se produce dicha ventaja en ese momento.
- Castiga con la pena máxima cuando un robot comete más de una falta en el mismo tiempo.
- Toma medidas disciplinarias contra los robots infractores y puede expulsarlos. No está obligado a tomar esta medida inmediatamente, pero debe hacerlo cuando la pelota sale del terreno de juego.

- Toma medidas contra los miembros del equipo que no se comporten de una manera responsable; puede, a su discreción, expulsarlos del terreno de juego y sus alrededores inmediatos.
- Actúa con el asesoramiento de los árbitros asistentes en relación con incidentes que no ha visto.
- Garantiza que ninguna persona no autorizada invada el terreno de juego.
- Reanudará el partido después de haber sido detenido.
- Proporciona al comité técnico un informe del partido que incluye información sobre cualquier medida disciplinaria adoptada contra los responsables del equipo y cualquier otro incidente ocurrido antes, durante o después del partido.
- Comprueba el estado del sistema de visión compartida con el/los experto(s) en visión (ver Apéndice B) antes de cada partido.
- Recoge la confirmación del Experto(s) en visión de que ambos equipos reciben los datos de localización del sistema compartido de visión correcta y exactamente.
- Para el juego cuando el/los Experto(s) en visión lo digan durante un partido y deje que el/los Experto(s) en visión diagnostiquen y arreglen el problema. Si el/los Experto(s) en visión confirman que el problema está resuelto entonces el juego será reanudado inmediatamente.

Decisiones del árbitro

Las decisiones del árbitro sobre hechos relacionados con el partido son determinantes. El árbitro sólo puede cambiar una decisión al darse cuenta de que es incorrecta o, a su discreción, debido al consejo de un árbitro asistente, siempre que no haya reanudado el juego.

Equipo de señalización del Árbitro

El dispositivo necesario se suministra para convertir las señales del árbitro en serie y Ethernet. Las señales de comunicación se transmiten a ambos equipos. Los equipos serán operados por el árbitro asistente. Los detalles del equipamiento serán suministrados por la organización local de Comité antes de la competición.

Señales del Árbitro

Durante un partido, el árbitro dará la señal de inicio y fin del juego en la forma habitual. El árbitro asistente enviará señales que reflejarán las decisiones del árbitro a cada uno de los equipos. Ninguna interpretación de las señales del árbitro por los operadores humanos está permitida.

La señal del silbato indica que el árbitro ha parado el juego, y que todos los robots deben separarse 500mm de la pelota para que el árbitro pueda colocar el balón para reiniciar el sistema. Todos los robots tienen la obligación de 500mm de la bola mientras ésta se mueve a la posición de reiniciar.

Cuando se produce un gol (Ley 10), o una precaución o se produce una salida de la pelota del campo de juego (Ley 12), una señal de información es enviada a los equipos para indicar la decisión del árbitro.

La señal de reinicio indicará el tipo de reinicio. Los robots deben moverse a posiciones legales a la recepción de esta señal. Para reiniciar otras acciones que no sean un saque inicial (Ley 8) o un penalti (Ley 14), el robot que saque puede patear el balón cuando esté listo, sin esperar más señales del árbitro.

Para un saque inicial (Ley 8), o un penalti (Ley 14), una señal de arranque será enviada para indicar que el robot que lance puede proceder. Esta señal será distinta a otros tipos de señales de reinicio del juego.

Se enviarán señales que indiquen los períodos de tiempo de espera y el tiempo perdido también se enviará cuando sea necesario.

Se considerará que el árbitro ha dado una señal cuando el árbitro asistente envíe esta señal a los equipos mediante las comunicaciones.

Decisiones del Comité Técnico de la Liga Small Size

Decisión 1

El árbitro (o en su caso, un árbitro asistente) no es responsable de:

- Cualquier tipo de perjuicio sufrido por un componente del equipo o un espectador.
- Cualquier daño a la propiedad de cualquier tipo.
- Cualquier otra pérdida sufrida por cualquier persona, club, empresa, asociación u otro organismo, que es debido o que puede ser debido a cualquier decisión que se tome en virtud de los términos de las leyes del juego o en el caso de los procedimientos normales requeridos para conservar, reproducir y controlar un partido. Esto puede incluir:
 - La decisión de que la condición del terreno de juego o sus alrededores son tales como para permitir o no que un partido que tenga lugar.
 - La decisión de abandonar un partido por cualquier razón.
 - Una decisión en cuanto a la condición de los accesorios o equipos utilizados durante un partido como el campo y la pelota.
 - La decisión de detener o no detener un partido debido a la interferencia del espectador o cualquier problema en el área de los espectadores.
 - La decisión de detener o no detener el juego para permitir que un robot dañado pueda ser eliminado del campo de juego para su reparación.
 - La decisión de solicitar o insistir en que un robot dañado se retire del terreno de juego para su reparación.
 - La decisión de permitir o no permitir ciertos colores.
 - La decisión (en la medida en que ésta puede ser su responsabilidad) para permitir o no permitir a las personas (incluyendo el equipo o funcionarios del estadio, oficiales de seguridad, fotógrafos u otros medios, representantes, etc.) estar presentes en las inmediaciones del campo de juego.
 - Cualquier otra decisión que pueda tomar de acuerdo con las Reglas de Juego o de conformidad con sus obligaciones bajo los términos de la Federación RoboCup o las normas o regulaciones bajo las cuales se juega el partido.

Decisión 2

Los hechos relacionados con el partido serán incluidos tanto si se marca un gol o no, así como el resultado del encuentro.

Decisión 3

El árbitro debe usar un bastón negro, o algún otro dispositivo para el reposicionamiento de la bola para reducir el riesgo de interferencias con los sistemas de visión.

Decisión 4

El árbitro podrá ser asistido por aplicaciones autónomas de arbitraje proporcionados por uno o ambos de los equipos que compiten, si ambos equipos están de acuerdo.

El árbitro podrá ser asistido por una aplicación autónoma o semi-autónoma proporcionada por un equipo que no participe en el partido, según el criterio del árbitro; teniendo en cuenta que la aplicación deberá ser operada y monitorizada de manera neutral.

Decisión 5

La región externa de la superficie del campo que es más allá de 250mm de distancia de la línea divisoria es utilizada como zona de paseo designado por el árbitro y/o el árbitro asistente durante el juego.

Los equipos deben controlar a sus robots para permanecer fuera de esta zona para no interferir con los árbitros.

Los árbitros no son responsables de cualquier obstrucción a los robots o sistemas de visión dentro de este área.

Sin embargo, los árbitros deberán llevar ropa y zapatos que no contengan ningún color reservado para la bola o los marcadores de los robots.

2.6. LEY 6 - EL ÁRBITRO ASISTENTE

Deberes

Las funciones del árbitro asistente nombrado, sin perjuicio de la decisión del árbitro, son las siguientes:

- Actuar como cronometrador y llevar un registro del partido.
- Operar el equipo de comunicaciones para transmitir las señales del árbitro sobre los enlaces de comunicaciones.
- Supervisar a los operadores de robots para evitar que señales ilegales sean enviadas a los robots.
- Indicar cuándo se solicita un intercambio.
- Indicar cuando una mala conducta o cualquier otro incidente se ha producido fuera de la vista del árbitro.

- Indicar cuándo se comete una infracción si los asistentes se acercan más a la acción que el árbitro (esto incluye, en determinadas circunstancias, las faltas cometidas en la defensa del área)
- Indicar si en los penaltis, el guardameta se ha movido hacia delante antes de que el balón ha sido golpeado y si el balón ha cruzado la línea de meta.

Asistencia

Los árbitros asistentes también ayudan al árbitro a controlar el partido, de acuerdo a las Leyes del juego. En el caso de una interferencia indebida o conducta incorrecta, el árbitro liberará de sus funciones a un árbitro asistente para informar al comité organizador.

Decisiones del Comité Técnico de la Liga Small Size

Decisión 1

Se utilizará un segundo árbitro asistente siempre que sea posible. El segundo árbitro asistente ayuda al árbitro durante la permanencia del balón en el campo, así como le ayuda a vigilar el cumplimiento de todas las leyes y procedimientos.

2.7. LEY 7 - LA DURACIÓN DEL PARTIDO

Períodos de juego

El partido tiene dos periodos iguales de 10 minutos, salvo mutuo acuerdo del árbitro y los dos equipos. Cualquier acuerdo para alterar los períodos de juego (por ejemplo, para reducir cada mitad a 7 minutos a causa de un horario limitado) debe hacerse antes el inicio del juego y deben cumplir con las normas de competencia.

Intermedio

Los equipos tienen derecho a un intermedio a mitad del tiempo medio de un intervalo que no deberá exceder de 5 minutos.

Las normas de competencia deben indicar la duración del intermedio o descanso. La duración del descanso puede ser modificado únicamente con el consentimiento de ambos equipos y el árbitro.

Tiempos de espera

A cada equipo se le otorga cuatro tiempos de espera al comienzo del partido. Se permite un total de 5 minutos para todos los tiempos de espera. Por ejemplo, un equipo puede pedir tres tiempos de espera de un minuto de duración y, posteriormente, sólo tienen un tiempo de espera de hasta dos minutos de duración. Los tiempos de espera sólo pueden ser consumidos durante una interrupción del juego. El tiempo es controlado y registrado por el árbitro asistente.

Compensación por el tiempo perdido

Se tiene en cuenta cualquier período de tiempo perdido debido a la evaluación de los daños en los robots, la eliminación de los robots dañados en el terreno de juego y cualquier otra causa que suponga la pérdida de tiempo. La compensación por el tiempo perdido es a discreción del árbitro.

Tiempo Extra

Serán aplicadas las normas de competencia, podrán prever dos tiempos suplementarios iguales, según las condiciones de la Ley 8.

Abandonar el partido

Un partido abandonado se repite a menos que las normas dispongan otra cosa.

Decisiones del Comité Técnico de la Liga Small Size

Decisión 1

El comité organizador local hará todo lo posible para proporcionar acceso a los equipos de la competición al menos dos horas antes del inicio de la competición. También se esforzará por permitir al menos una hora de tiempo de configuración antes de cada partido. Los participantes deben ser conscientes, sin embargo, que puede ocurrir que este tiempo no se pueda proporcionar.

Decisión 2

Dentro de estas reglas, el término "interrupción del juego" se usa para describir los momentos en que el modo de juego se encuentra en un estado detenido. El juego no se considera parado si los robots se detienen cuando se les permite golpear la pelota.

Por ejemplo, el juego se detiene después de que la señal de saque ("kickoff") se ha producido, pero no continúa parado después de la correspondiente señal de "listos" ("ready"). De igual manera, el juego no continuará parado después de una señal de tiro libre "Freekick".

2.8. LEY 8 - INICIO Y REANUDACIÓN DEL JUEGO

Preliminares

Si ambos equipos tienen una frecuencia preferida común para las comunicaciones inalámbricas, el comité organizador local asignará la frecuencia para la primera mitad del partido. Si ambos equipos tienen un color preferido común, el comité organizador local asignará el color de la primera la mitad del partido.

Se lanza una moneda y el equipo que gane el sorteo decidirá qué portería atacará en la primera la mitad del partido.

El otro equipo realiza el saque para comenzar el partido.

El equipo que gane el sorteo tiene el saque inicial para comenzar la segunda mitad del partido.

En la segunda mitad del partido, los equipos cambian de campo.

Si los equipos no están de acuerdo para cambiar campos, pueden permanecer en los mismos que el primer tiempo con el consentimiento del árbitro.

Si ambos equipos tienen una frecuencia común predefinida para las comunicaciones inalámbricas, los equipos deberían cambiar la asignación de esa frecuencia para la segunda mitad del partido. Los equipos pueden acordar no cambiar la asignación de la frecuencia predefinida para la segunda mitad del encuentro con el consentimiento del árbitro.

Si ambos equipos tienen una marca común de color preferido, los equipos deben cambiar los colores de marcado en la segunda mitad del partido. Si los equipos no están de acuerdo en cambiar la marca de colores, no es necesario que lo hagan, siempre que tengan el consentimiento del árbitro.

Saque desde el centro del campo

Un saque desde el centro del campo es una forma de iniciar o reiniciar el juego:

- En el inicio del partido.
- Después de que un gol haya sido anotado.
- Al comienzo de la segunda mitad del partido.
- Al comienzo de cada período de tiempo adicional, cuando proceda.

Un gol puede ser anotado directamente desde el saque inicial.

Procedimiento

- Todos los robots se encuentran en su propia mitad del campo.
- Los oponentes del equipo que realiza el saque del partido están por lo menos a 500mm de la bola hasta que el balón está en el juego.
- El balón está parado en el centro del campo hasta que el árbitro da la señal de saque.
- El árbitro da la señal de saque.
- La pelota está en juego cuando es pateada y se mueve hacia delante.
- El lanzador no podrá tocar el balón por segunda vez hasta que haya tocado a otro robot.

Después de que un equipo anota un gol, el saque de medio campo es realizado por el otro equipo.

Infracciones / Sanciones

Toda infracción que se enumera en la Ley 9 se tratará en consonancia.
Para cualquier otra infracción de los saques de salida el procedimiento será:

- El saque de salida se repite.

Situando la pelota

La colocación de la pelota es una forma de reanudar el partido tras una parada temporal que haya sido necesaria, mientras la pelota estaba en juego, por alguna razón no mencionada en las normas.

Procedimiento

El árbitro coloca la pelota en el punto donde se encontraba antes de parar el juego. Según la Ley 9, todos los robots deben mantenerse a 500mm de la pelota, mientras ésta se coloca. El juego se retoma cuando el árbitro da la señal apropiada.

Infracciones / Sanciones

La pelota se coloca de nuevo:

- Si un robot está a menos de 500 mm de la pelota antes de que el árbitro dé la señal.

Circunstancias especiales

Un tiro libre concedido al equipo defensor dentro de su propia área de defensa se realiza desde la posición de tiro cercana a donde se produjo la infracción, elegida por el propio equipo.

Un tiro libre concedido al equipo atacante en el área de defensa de sus oponentes es lazado desde la posición legal predefinida de tiro libre más cercana al lugar donde se produjo la infracción.

Una pelota que esté en condiciones de reiniciar el partido después de que la jugada ha sido detenida temporalmente en el interior de la zona defensiva se coloca sobre la posición legal de tiro libre más cercana a donde se encontraba el balón cuando la jugada se detuvo.

2.9. LEY 9 - EL BALÓN EN JUEGO Y PARADO

Balón parado

La pelota está parada cuando:

- Ha cruzado los límites del campo sea por el suelo o por el aire.

- El juego ha sido detenido por una señal del árbitro.

Cuando la bola sale fuera del campo de juego, los robots deben seguir estando a 500 mm de la bola mientras ésta se coloca, hasta que la señal de reinicio es dada por el árbitro.

Balón en juego

La pelota está en juego en cualquier otro momento.

Infracciones / Sanciones

Si, en el momento en que el balón entra en juego, un miembro del equipo que saca está a una distancia inferior de 200mm de la zona de defensa del oponente:

- Si un tiro libre indirecto se concede al equipo contrario, el tiro se lanzará desde la ubicación en la que se encontraba la pelota cuando se produjo la infracción (véase la Ley 13).

Si, después de que el balón entra en juego, el pateador toca el balón por segunda vez antes de que lo haya tocado a otro robot:

- Se concede tiro libre indirecto al equipo contrario, el lanzamiento será desde el lugar donde se produjo la infracción (véase la Ley 13).

Si, después de que el balón entra en juego, el pateador deliberadamente sostiene el balón antes de que lo haya tocado otro robot:

- Un tiro libre directo es concedido al equipo contrario, el lanzamiento será desde el lugar donde se produjo la infracción (véase la Ley 13).

Si, después de darse una señal para reiniciar el juego, el balón no entra en juego en 10 segundos, o la falta de progreso indica claramente que la pelota no entrará en juego en 10 segundos:

- El juego se detiene por una señal del árbitro, todos los robots tienen que moverse a 500mm de la pelota, y se indica un saque neutral.

Decisiones del Comité Técnico de la Liga Small Size

Decisión 1

Para todos los reinicios en que las leyes establecen que la pelota está en juego bien sea golpeándola o regateando, los robots deben claramente hacer lo posible para que ésta se mueva. Se entiende que la pelota puede permanecer en contacto con el robot o ser golpeada por el robot varias veces a corta distancia, pero bajo ninguna circunstancia el robot mantendrá el contacto o se mantendrá tocando la pelota después de haber recorrido una distancia de 50mm, a menos que el balón haya tocado antes a otro robot.

Los robots pueden utilizar los dispositivos de regateo y patada en los lanzamientos de las faltas.

Decisión 2

La zona de exclusión de 200mm de la zona de la defensa del oponente se designa para permitir a la defensa de los equipos tomar una posición defensiva contra un lanzamiento sin la interferencia de los oponentes. Este cambio se ha añadido para ayudar a los equipos de defensa contra saques de esquina en los que los equipos usan un “saque-elevado” y la pelota pasa directamente a la zona de defensa.

2.10. LEY 10 – MÉTODO DE TANTEO

Puntuación de Gol

Se marca un gol cuando el conjunto de la pelota pasa por encima de la línea de meta, entre las paredes de meta o por debajo del travesaño, sin que se haya cometido una infracción de las reglas de juego con anterioridad por parte del equipo que anota el gol.

Equipo ganador

El equipo que anota el mayor número de goles durante un partido es el ganador. Si los dos equipos marcan un número igual de goles, o si no marcó ningún gol, el partido se da como empatado.

Las normas de competencia

Para los partidos que terminan en un empate, las normas de competencia podrán estipular un tiempo suplementario, u otro método aprobado por la Federación RoboCup para determinar el ganador del partido.

2.11. LEY 11 - FUERA DE JUEGO

La regla del fuera de juego no se usa en esta competición.

2.12. LEY 12 - FALTAS Y CONDUCTA ANTIDeportiva

Las faltas y la conducta antideportiva se sancionan como sigue:

Tiro libre directo

Un tiro libre directo es concedido al equipo adversario si un robot comete cualquiera de las siguientes cuatro infracciones:

- Hacer contacto sustancial con un oponente.

- Retener un oponente.
- Sustener el balón deliberadamente (excepto para el guardameta dentro de su ámbito de la defensa propia).
- El segundo robot de la defensa y ocupa el área de la defensa del equipo de tal forma que afecte sustancialmente el juego.

Un tiro libre se lanza desde donde se cometió la falta.

Tiro de Penalti

Un tiro de penalti se otorga si alguna de las anteriores cuatro infracciones es cometida por un robot dentro del área de defensa propia, independientemente de la posición de la pelota, siempre y cuando ésta esté en juego.

Tiros libres indirectos

Un tiro libre indirecto se concede al equipo contrario si el guardameta, dentro de su propia área defensiva, comete cualquiera de las siguientes infracciones:

- Transcurren más de quince segundos mientras sostiene la pelota antes de liberarla de su posesión.
- Tiene el balón de nuevo después de haber sido liberado de su posesión y no lo ha tocado otro robot.

Un tiro libre indirecto además es concedido al equipo adversario si un robot:

- Entra en contacto con el portero y el punto de contacto está en el área de defensa.
- Conduce el balón a una distancia superior a 500mm
- Tocó la pelota de tal manera que la parte superior de la bola alcanza una altura superior a 150mm respecto del suelo y el balón entra en la meta de su oponente, salvo que haya sido tocado previamente por un compañero de equipo, o que manteniéndose en contacto con el suelo alcance dicha altura y entre en la meta de su oponente debido a un rebote.
- Patea la pelota de tal manera que supera los 10 m/s de velocidad.
- Comete cualquier otra infracción, que no se haya mencionado anteriormente en la Ley 12, por la que se interrumpirá el juego por precaución o para expulsar al robot.

El tiro libre se lanza desde donde se cometió la falta.

Sanciones disciplinarias

Un equipo será amonestado y recibirá la tarjeta amarilla si un robot comete cualquiera de las siguientes infracciones:

1. es culpable de conducta antideportiva.
2. es culpable de graves y violentos contactos.
3. infringe persistentemente las Reglas de Juego.

4. retrasa la reanudación del juego.
5. no respeta la distancia reglamentaria cuando el juego se reanude con un saque de meta, saque de esquina o tiro libre.
6. modifica o provoca daños en el campo o pelota.
7. deliberadamente entra o se desplaza dentro de la zona de tránsito del árbitro.

Al recibir una tarjeta amarilla, un robot del equipo penalizado debe moverse inmediatamente fuera y ser sacado del campo. Después de dos minutos de juego (según lo medido por el árbitro asistente utilizando el tiempo de juego oficial) el robot puede entrar de nuevo en el campo en la próxima parada del juego.

Expulsión de sancionados

Un equipo recibe la tarjeta roja si uno de los robots o el equipo es culpable de un comportamiento antideportivo grave. El número de robots en el equipo se reduce en uno después de cada tarjeta roja.

Decisiones del Comité Técnico de la Liga Small Size

Decisión 1

Un contacto calificado como importante es aquel contacto suficiente para desalojar al robot de su orientación actual, posición o movimiento en el caso de que se esté moviendo.

Cuando los dos robots se mueven a velocidades similares, y la causa de contacto no es evidente, el árbitro permitirá que el juego continúe. Esta ley está diseñada para proteger a los robots que son lentos o permanecen quietos en el momento del contacto, y por tanto deben ser detectados por los sistemas de evasión de obstáculos.

Decisión 2

Las precauciones para evitar contactos graves y violentos son una manera de desalentar a los equipos al ignorar el espíritu del principio de no contacto. Como ejemplos de infracciones amonestables se incluyen el movimiento incontrolado, las malas evasiones de obstáculos, empujar o girar rápidamente mientras se está junto a un oponente. En un escenario típico, el árbitro podrá advertir al equipo, y se espera que se modifique su sistema a fin de reducir la violencia de su juego. Si el árbitro aún no está satisfecho, dictará una amonestación.

Decisión 3

Un robot que se coloca en el campo, pero claramente no es capaz de moverse, será sancionado por conducta antideportiva.

Decisión 4

Se considera que un robot está reteniendo el balón si tiene el control de la pelota mediante la eliminación de todos sus grados de libertad; de forma general, sujetando la pelota con el cuerpo del robot o rodeándolo para evitar el acceso de otros. El 80% de la superficie de la bola debe ser visible desde arriba, de forma que estará fuera de la parte convexa del robot.

Otro robot debe ser capaz de quitar el balón al que lo posee. Esta limitación se aplica también a todos los dispositivos de regateo y golpeo, incluso si tal infracción es momentánea.

VISTA SUPERIOR (DESDE LA CÁMARA)

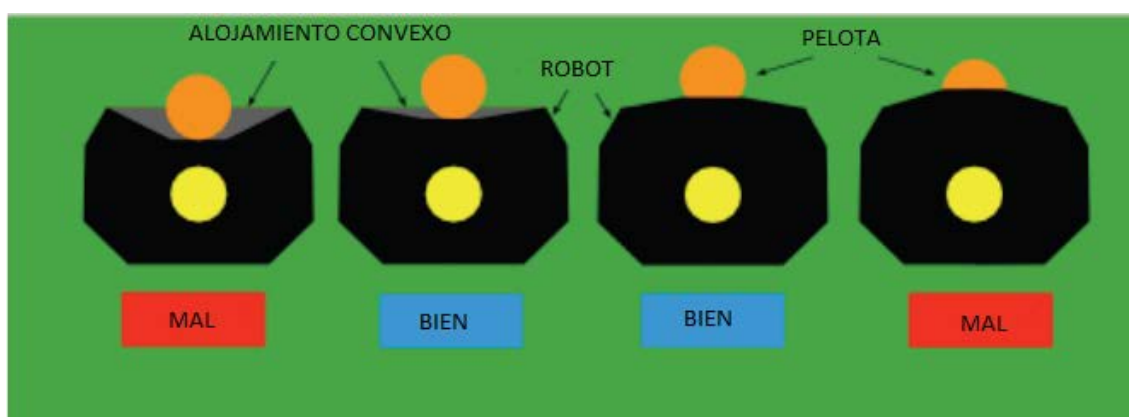


Ilustración 2.8.- Como se debe coger la pelota

Decisión 5

Un robot comienza el regateo cuando tiene contacto con el balón y se detiene el regateo cuando hay una separación observable entre la pelota y el robot.

La restricción de la distancia en el regateo se añadió para evitar que un robot con una mecánica superior pudiera tener un indiscutible control de la pelota en el ataque. La restricción de la distancia, no obstante, permite a los atacantes dar y recibir pases, girar con el balón, y detenerse con la pelota. Los sistemas de regateo se pueden utilizar para regatear a grandes distancias con el balón, siempre y cuando el robot pierda periódicamente la posesión, tales pérdidas pueden ser: patear la pelota delante de él, como hacen a menudo los jugadores de fútbol humano. El comité técnico espera que la regla de distancia sea auto-forzada, es decir, que los equipos dispongan de un software que la cumpla con antelación, y se les pueda pedir una demostración previa a una competición.

Los árbitros, sin embargo, podrán seguir señalando faltas y pueden señalar amonestaciones (tarjeta amarilla) por situaciones de violación sistemática de dicha regla.

Decisión 6

La limitación de velocidad de disparo de la pelota ha sido añadida para prevenir que un robot con un disparo mecánicamente superior tenga demasiada ventaja sobre sus oponentes,

o patear la pelota a una velocidad no apta para los espectadores. También se cree que esto ayudará a fomentar el juego en equipo frente a la capacidad individual del robot.

Decisión 7

La norma sobre la subida al marcador cuando el lanzamiento ha sido producido mediante un tiro parabólico o “picado de la pelota”. Esta norma se redacta debido a que en las competiciones anteriores hubo algunas confusiones que se produjeron después de que los robots picaran la pelota y se produjeran goles en propia puerta. Por esta razón, una interpretación estricta de esta regla, es dada aquí:

- Si un robot lanza la pelota picada (no importa a qué altura se desplaza) a un compañero de equipo y la bola posteriormente, entra en propia meta, el tanto se dará como válido para el equipo oponente.
- Si un robot pica pelota por encima de un adversario y el balón, posteriormente entra en la propia meta, después de permanecer por debajo de 150mm de altura todo el tiempo después haber tocado al robot oponente, el equipo oponente también obtiene un tanto.
- Si un robot pica la pelota por encima de un adversario y el balón, posteriormente entra en propia meta después de haber estado por encima de 150mm durante algún tiempo (y no habiendo estado en contacto permanente con el suelo después), después de tocar al robot oponente, el equipo oponente no puntúa.

Decisión 8

La infracción cometida al entrar deliberadamente en la zona de tránsito del árbitro fue añadido para desalentar a los equipos de la conducción de vehículos por esta zona para obtener ventajas tácticas. En particular, debe prevenir que los equipos exploten el hecho de que otros equipos no podrían tener cobertura de visión del árbitro caminando por dicha área. Se entiende que en ocasiones un robot puede entrar en la zona si está fuera de control, o si ha sido empujado a esta área. Estos casos no deben ser considerados infracciones. Sin embargo, la decisión final en cuanto a lo que constituye una violación deliberada del reglamento se deja a criterio del árbitro.

2.13. LEY 13 - TIROS LIBRES

Tipos de Tiros Libres

Serán directos o indirectos. Tanto en los directos como en los indirectos, la bola debe ser parada cuando se comete la falta y el lanzador no puede tocar el balón por segunda vez hasta que lo haya tocado otro robot.

El tiro libre directo

- Si un tiro libre entra directamente en la meta del oponente, se concede un gol.
- Si un tiro libre entra directamente a gol en propia meta, se concede un gol al equipo oponente.

El tiro libre indirecto

El balón entra en la meta. Se concede un gol solamente si el balón toca posteriormente a otro robot antes de que entre el balón en la portería.

- Si un tiro libre indirecto entra directamente en la meta del oponente, se concede un saque de puerta.
- si un tiro libre indirecto entra directamente en la propia meta del equipo, se concede un saque de esquina al equipo contrario.

Procedimiento para los tiros libres

Si el tiro libre se concede dentro del área de defensa, el tiro libre se lanza desde un punto a 600mm de la línea de gol y a 100mm desde la línea de contacto más cercana a donde se produjo la infracción.

Si el tiro libre es concedido al equipo atacante a 700mm de la zona de defensa, la pelota se traslada al punto más cercano a 700mm desde el área de defensa.

Por el contrario, el tiro libre se lanza desde el lugar donde se produjo la infracción. Todos los robots oponentes se colocarán a una distancia mínima de 500mm de la pelota.

La pelota está en juego cuando es pateada y se mueve.

Infracciones / Sanciones

Si cuando se lanza un tiro libre, el oponente más cercano a la bola no se encuentra a la distancia requerida:

- El tiro se repetirá

Toda infracción que se enumera en la Ley 9 se tratará en consonancia. Para cualquier otra infracción de la presente Ley:

- El tiro se repetirá.

2.14. LEY 14 - EL TIRO DE PENALTI

Un tiro de penalti se otorga contra un equipo que cometa una de las cinco infracciones por las que se concede un tiro libre directo, dentro de su área de defensa y mientras la bola está en juego.

Un gol puede ser anotado directamente de un tiro de penalti.

El tiempo adicional permitido para un tiro de penalti se añadirá al final de cada mitad o al final de los períodos de tiempo extra.

Posición de la bola y los Robots

El balón se coloca en el punto de penalti.

El robot que lanza el penalti está debidamente identificado.

El guardameta defensor se mantiene entre los postes de la portería, toca la línea de meta, y la cara externa de la meta, hasta que el balón ha sido pateado. Se le permite el movimiento antes de que el balón haya sido golpeado, siempre y cuando no se infrinja alguna de estas restricciones.

Los robots que no sean los lanzadores se encuentran:

- Dentro del campo de juego.
- Detrás de una línea paralela a la línea de gol y a 400mm detrás del punto penalti.

El árbitro

- No da la señal de lanzamiento de penalti hasta que los robots han tomado posición de conformidad con la Ley.
- Decide cuando un tiro penal se ha completado.

Procedimiento

- El robot que lanza el penalti, golpea la pelota hacia delante.
- No toca el balón por segunda vez hasta que haya sido tocado por otro robot.
- La pelota está en juego cuando es golpeada y se mueve hacia delante.

Cuando un tiro de penalti se lanza durante el curso normal del juego, o el tiempo se ha ampliado en la primera mitad o al final del partido para permitir que un lanzamiento de penalti sea lanzado. Se concede un gol si entra directamente o si antes de que el balón pase entre los postes y por debajo del travesaño, la pelota toca uno o ambos postes de la portería y/o el travesaño, y/o el portero.

Infracciones / Sanciones

Si el árbitro da la señal de un tiro de penalti y, antes de que el balón esté en juego, se produce una de las siguientes situaciones:

El robot que lanza el penalti infringe las Reglas del Juego:

- El árbitro permitirá que continúe la jugada.
- Si el balón entra en la meta, se repetirá el tiro.
- Si el balón no entra en la meta, el lanzamiento no se repetirá.

El guardameta infringe las Reglas de Juego:

- El árbitro permitirá que continúe la jugada.

- Si el balón entra en la meta, se concede un gol.
- Si el balón no entra en la meta, se repetirá el tiro.

Un compañero del robot que lanza, penetra en el área de los 400mm detrás del punto de penalti:

- El árbitro permitirá que continúe la jugada.
- Si el balón entra en la meta, se repetirá el tiro.
- Si el balón no entra en la meta, el lanzamiento no se repetirá.
- Si el balón rebota en el guardameta, el travesaño o el poste de la meta y es tocado por el presente robot, el árbitro interrumpirá el juego y reanudará el partido con un tiro libre indirecto a favor del equipo que defiende.

Un compañero del guardameta penetra en la zona de los 400mm detrás del punto de penalti:

- El árbitro permitirá que continúe la jugada.
- Si el balón entra en la meta, se concede un gol.
- Si el balón no entra en la meta, se repetirá el lanzamiento.

Un robot de ambos equipos, de la defensa y el equipo atacante, infringen las Reglas de Juego:

- El tiro se repetirá.
- Si, tras el cumplimiento de la pena:
- Toda infracción que se enumeran en la Ley 9 se tratará en consonancia.
- El balón es tocado por un agente externo, y se mueve hacia delante:
- El tiro se repetirá.
- El balón rebota en el terreno de juego tras tocar al guardameta, el travesaño o los postes, y es entonces tocado por un agente externo:
- El árbitro detiene el juego
- El juego se reanudará con un toque neutral en el lugar donde la pelota tocó al agente externo (véase la Ley 13).

2.15. LEY 15 - EL SAQUE DE BANDA

Un saque de banda, es un método de reinicio el juego.

Un gol no puede ser marcado directamente desde un saque de banda.

Un saque de banda se concede:

- Cuando la totalidad de la pelota pasa por encima del límite de contacto (línea de banda), ya sea por tierra o por aire.
- Desde el punto, a 100mm, perpendicular a la línea de banda donde la pelota cruzó el límite.
- Al equipo contrario al último robot que toca el balón.

Procedimiento

- El árbitro pone el balón en la posición designada.
- Todos los robots oponentes se distancian por lo menos 500mm de la pelota.
- La pelota está en juego cuando es pateada y se mueve.

Infracciones / Sanciones

Cuando un saque de banda se realiza y un oponente está más cercano a la bola de la distancia requerida el saque de banda se repetirá.

Toda infracción que se enumeran en la Ley 9 se tratará en consonancia.

Para cualquier otra infracción el tiro se repetirá.

2.16. LEY 16 - EL SAQUE DE PUERTA

Un saque de puerta es un método de reinicio el juego.

Un gol puede ser anotado directamente por un saque de puerta, pero sólo si entra en la portería contraria.

Un saque de puerta es otorgado cuando:

- La totalidad de la pelota, después de haber sido tocada por un robot del equipo atacante, pasa por encima de la línea de límite de gol ya sea por tierra o aire, y no se concede un tanto de conformidad con la Ley 10.

Procedimiento

- La pelota es pateada desde el punto a 500mm de la línea de gol y 100mm de la línea de banda más cercano a donde la pelota pasó por la línea de gol.
- Los opositores siguen estando a 500mm de la bola hasta que el balón está en juego.
- El lanzador no puede jugar el balón por segunda vez hasta que haya tocado a otro robot.
- La pelota está en juego cuando es golpeada y se mueve.

Infracciones / Sanciones

Toda infracción que se enumeran en la Ley 9 se tratará en consonancia.

Para cualquier otra infracción de la presente Ley el tiro se repetirá.

2.17. LEY 17 - EL SAQUE DE ESQUINA

Un saque de esquina es un método de reinicio el juego.

Un gol puede ser anotado directamente de un saque de esquina, pero solamente contra el equipo contrario.

Un saque de esquina se concede cuando:

- La totalidad de la pelota, después de haber tocado un robot del equipo defensor, pasa por encima de la línea de gol, ya sea por tierra o aire, y no se concede un gol de conformidad con la Ley 10.

Procedimiento

- La pelota es golpeada desde la esquina más cercana, a 100mm en la línea de gol y de la línea de banda.
- Los contrarios siguen estando a 500mm de la bola hasta que el balón está en juego.
- El lanzador no puede jugar el balón por segunda vez hasta que haya tocado a otro robot.
- La pelota está en juego cuando es golpeada y se mueve.

Infracciones / Sanciones

Toda infracción que se enumera en la Ley 9 se tratará en consonancia.
Para cualquier otra infracción el tiro se repetirá.

2.18. APÉNDICE A - REGLAS DE COMPETENCIA

Este apéndice describe los procedimientos adicionales para la Small Size League.

Tiempo Extra

Si el resultado del partido es de empate después del final del segundo período y el partido necesita terminar con un claro ganador, se jugará un tiempo extra (como se indica en las leyes 7 y 10). Antes de la primera mitad del tiempo extra, habrá un intervalo que no deberá exceder de 5 minutos.

Períodos de juego durante el tiempo extra

El tiempo extra dura dos períodos iguales de 5 minutos, salvo mutuo acuerdo entre el árbitro y los dos equipos participantes. Cualquier acuerdo para alterar los períodos de tiempo extra (por ejemplo, para reducir cada mitad a 3 minutos a causa de un horario limitado) debe hacerse antes del inicio del juego y deben cumplir con las normas de competencia.

Descanso

Los equipos tienen derecho a un descanso en el intervalo entre las dos mitades del tiempo extra. El plazo de tiempo no debe exceder de 2 minutos.

La duración del descanso en dicho intervalo de tiempo puede ser modificado únicamente con el consentimiento de ambos equipos y el árbitro.

Tiempos de espera

Cada equipo tiene asignado dos tiempos de espera en el comienzo del tiempo extra. Se permite un total de 5 minutos para todos los tiempos de espera. El número de tiempos de espera y el tiempo, no utilizados en el juego regular, no se agregan. Los tiempos de espera en el tiempo extra siguen las mismas reglas que en el juego regular (indicado en la ley 7).

Tanda de penaltis

Si el partido termina en empate después del final de la segunda parte de la prórroga, el resultado final se decidirá en los penaltis.

Preparación

Antes del inicio de los penaltis, habrá un intervalo que no deberá exceder de 2 minutos. Este tiempo se designa para ser utilizado por los equipos en el diálogo con el árbitro y sus asistentes para comprobar que la posición del portero es correcta (en la línea) y que todas las demás normas se cumplen como se indica en la ley 14. El árbitro determina (por ejemplo, lanzando una moneda), qué equipo defiende la portería, así como qué equipo tiene que lanzar el primer penalti.

Procedimiento

Durante los tiros desde el punto de penalti, un máximo de 2 robots por equipo estarán en el campo con el fin de evitar interferencias. Los tiros desde el punto penalti se harán alternativamente por parte de ambos equipos hasta que cada equipo haya lanzado cinco disparos. Si se toma una decisión para un equipo, los lanzamientos se interrumpirán por decisión del árbitro. Para todos los lanzamientos, se aplican las normas de la ley 14. Un segundo tiro (por ejemplo, si la pelota rebota en la portería o un poste de la portería o el robot que lanza recupera la pelota) no puntuará; ya que el penalti no será válido si el lanzador vuelve a tocar la pelota después del primer disparo. Durante los lanzamientos, desde el punto penalti no habrá tiempos muertos. Los robots pueden ser intercambiados entre los lanzamientos siguiendo las reglas de intercambio de la ley 3. Como el intercambio de los campos entre ambos equipos costaría demasiado tiempo y se forzaría a los equipos a variar sus sistemas, se usarán ambas porterías.

Si después de 10 tiros no hay un vencedor, cada equipo tiene un lanzamiento de penalti en el mismo orden en que lo hicieran anteriormente. Este procedimiento (un penalti por equipo) se continúa hasta que haya un vencedor.

2.19. APÉNDICE B – EXPERTOS EN VISIÓN

Durante las competiciones, los expertos en visión están a cargo del sistema compartido de visión de cada campo. La asignación y el tiempo del período de servicio son designados por los organizadores de la competición. Esto se debe realizar de tal forma que cada sistema de visión compartido tenga asignado, al menos, un experto en visión.

Deberes

El experto en visión tiene el deber de:

- Comprobar el hardware del sistema compartido de visión e informar de cualquier problema relacionado con esto al TC/ organizadores locales.
- Hacer el proceso de calibración del SSL-Vision cuando sea necesario o los equipos lo requieran durante los tiempos de configuración.
- Calibrar o realizar el mantenimiento durante el partido del SSL-Vision cuando el árbitro lo requiera.
- Antes de cada partido, comprobar que ambos equipos reciben los paquetes del SSL-Visión correctamente
- Antes de cada partido, comprobar que ambos equipos utilizan los correctos patrones estandarizados, que la altura de sus robots está calibrada con exactitud y que los datos de localización recibidos son correctos.
- Vigilar el estado del sistema compartido de visión durante el partido y reportar inmediatamente cualquier tipo de problema al árbitro.
- Recibir las quejas de los equipos sobre el sistema de visión compartido durante el partido y, si fuera necesario, preguntar al árbitro para parar el juego de tal forma que se pueda diagnosticar y solucionar el problema.
- Avisar al árbitro si hay alguna queja no solucionable de algún equipo acerca del sistema de visión. En este caso, el árbitro, tiene la autoridad definitiva para fallar en cualquier modo con respecto a sus poderes y deberes (ver Ley 5), incluyendo la habilidad para avisar y/o sancionar a los equipos de mal comportamiento si las exigencias de los equipos son infundadas y continúan obstruyendo el juego (ver Sanciones Disciplinarias en Ley 12).

CAPÍTULO 3: COMPOSICIÓN DEL MICROROBOT F180

A lo largo de este tercer capítulo se ilustra la arquitectura y composición de un microrobot, detallando las partes y sistemas que lo componen e identificando su funcionalidad y características. Con ello se pretende facilitar la comprensión al lector y exponer las bases de la construcción del prototipo. En los posteriores capítulos se ampliará esta información sobre algunos de los elementos, los que son objeto de estudio de este proyecto.

Tal y como se mencionó en los apartados anteriores, la normativa de la competición fija los parámetros básicos del robot individual, así como su arquitectura global. Debido a la naturaleza de la competición, se exige la utilización de un sistema global de visión capaz de determinar las posiciones de la pelota y de los robots, en el que las señales son comunes a ambos equipos, pero el procesamiento de la información está distribuida; un sistema de comunicación inalámbrica para garantizar la autonomía de los robots y el control entre el ordenador maestro y los miembros del equipo, y un sistema de inteligencia artificial que desarrolle la estrategia y la táctica a seguir. Además, el sistema debe ser capaz de interconectarse con el árbitro, que a través de un ordenador enviará las señales oportunas.

A través de la siguiente imagen se muestran las relaciones mencionadas anteriormente.

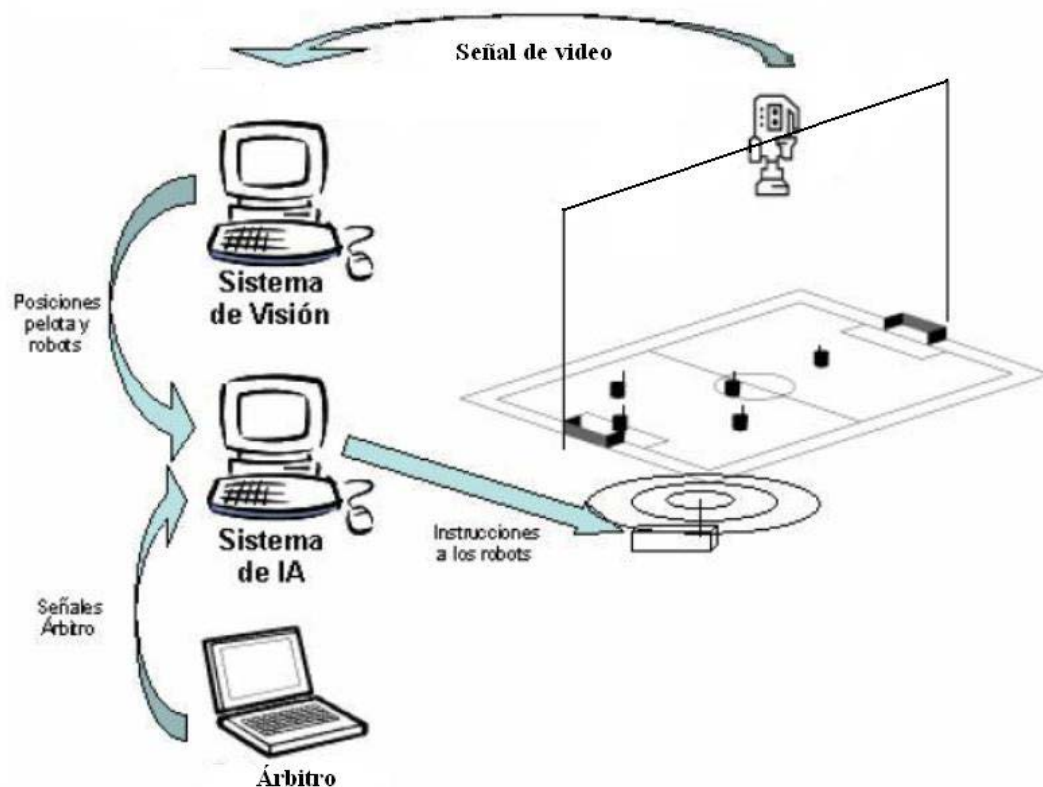


Ilustración 3.1.- Arquitectura del sistema

A modo de resumen, la arquitectura global puede dividirse en los siguientes cuatro subsistemas interconectados entre sí, pero con funciones muy diferentes:

1. Sistema de visión.
2. Sistema de inteligencia artificial.
3. Sistema de control del árbitro.
4. Los propios robots.

Sin embargo, de forma general se alberga en un mismo ordenador maestro el sistema de inteligencia artificial y el sistema de visión, debido a que el procesamiento de los inputs está estrechamente relacionado con la elección de la estrategia.

3.1. SISTEMA DE VISIÓN

La función del sistema de visión es determinar las posiciones de la pelota y de los robots dentro del campo de juego, además debe conocer la orientación de éstos en función de los colores de la cubierta de cada robot. La organización de la competición proporciona un sistema de visión compuesto por una cámara para ambos equipos. Dicho elemento se sitúa a una altura de cuatro metros en el punto medio del campo.

El funcionamiento consiste en recibir las señales de las cámaras de vídeo o sensores (si bien existe una única cámara de visión global, los robots pueden estar equipados por un sistema de visión o detección individual, limitada a 225mm), procesar las imágenes y las señales para identificar los objetos de interés, y enviar las conclusiones al sistema IA.

3.2. SISTEMA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

El objetivo de este sistema es decidir la estrategia y táctica a seguir, es decir que ejerce el control sobre el resto de los sistemas. La toma de decisiones debe partir de la información que recibe a través de los sistemas de visión (esto incluye la posición y orientación de los robots del equipo, de la pelota y los robots contrarios), las señales del árbitro, así como otras posibles señales que provengan de los propios robots.

Todo este flujo de información se transmite a través de un módulo de comunicación inalámbrica, suficientemente robusto y que minimice la aparición de interferencias, ya que es la piedra angular de la coordinación entre los distintos sistemas.

3.3. SISTEMA DE CONTROL DEL ÁRBITRO

A través de las normas del concurso se advierte que el árbitro es un personaje fundamental en el desarrollo de los partidos, ya que es la persona encargada de vigilar el cumplimiento de las reglas, y llevar a cabo las decisiones e interpretaciones de las mismas para asegurar un enfrentamiento justo e igualitario. Éste se ayudará de señales visuales y acústicas (voz y silbato) para indicar al asistente las señales a transmitir a los sistemas IA de los diferentes equipos.

3.4. ROBOTS

Este tipo de elementos son los encargados de llevar a cabo las acciones y movimientos que determine el sistema de IA. Dada la alta exigencia y diversidad de movimientos que necesita el juego, los robots tienen las siguientes funcionalidades básicas.

Para poder llevar a cabo dichas instrucciones, el robot deberá ser capaz de comunicarse con el sistema maestro de IA, ya sea recibiendo las señales que le envíen, procesarlas y ejecutarlas, como enviar los datos convenientes que sirvan como realimentación del sistema global. Con el fin de facilitar la comunicación entre el sistema IA y cada uno de los robots, a la vez que se respeta la autonomía de los mismos, resulta imprescindible el uso de un módulo de comunicación inalámbrica.

En cuanto a las capacidades mecánicas, el robot debe dotarse de un desplazamiento omnidireccional, es decir, en cualquier dirección según sean las indicaciones del sistema de IA. Además, la velocidad a la que se ejecuta el movimiento debe ser controlable y regulable. Ser capaz de golpear la pelota, con capacidad de regular la potencia de disparo en función si se realiza un pase o un disparo; así como controlar y manejarla, para poder desplazarse sin perder su posesión. Esta acción también se conoce bajo el término “dribbling”. Por último, se requiere que sean suficientemente robustos como para bloquear los pases o disparos a portería del equipo contrario. Esta misión está destinada en gran medida al robot que ejerza como guardameta.

Así, tendremos los módulos que se muestran en la figura 3.2, y que conforman los componentes de un robot genérico con dichas características. Como se puede observar, cada sistema físico, motores y disparador, funcionan de manera independiente; aunque mantienen una retroalimentación hacia el procesador central, que unifica las señales y centraliza la información para transmitir las hacia el sistema maestro de IA.

La figura 3.2 representa un diagrama de los componentes principales de un robot F180.

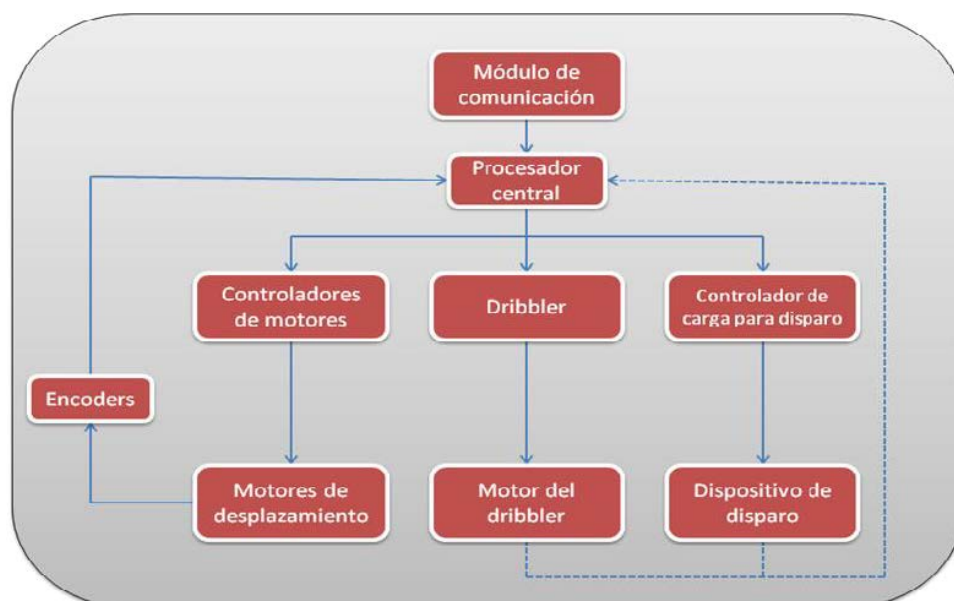


Ilustración 3.2.- Partes funcionales de un robot F180

3.5. LOS PARTIDOS F180

La dinámica que deben seguir los partidos queda profusamente descrita en la normativa del concurso; si bien, cabe destacar la elevada intensidad que requieren. Esto se debe a las altas velocidades con las que está permitido desplazar el robot, y la potencia de golpeo de la pelota; así, se llegan a alcanzar velocidades de movimiento de hasta 2,3 m/s y 3m/s, respectivamente.

Por lo tanto, a pesar de la corta duración de los partidos (de manera general, los partidos de la liga SSL tienen una duración de 20 minutos, y consta de dos tiempos, 10 minutos cada uno), se requiere un alto rendimiento de todos los componentes, y sobre todo de los componentes mecánicos que se someten a un elevado desgaste y esfuerzo. Además, el control y la precisión son imprescindibles, ya que las acciones innecesarias tienen un alto precio para el resultado de los partidos.

Todo ello ha suscitado denominar a esta liga como “liga de ingeniería”, debido a los amplios conocimientos que se necesitan para el diseño completo de este tipo de microrobots. En ella se aplican disciplinas de la ingeniería como el diseño electro-mecánico, teoría de control, electrónica de potencia, electrónica digital y comunicación inalámbrica.

3.6. ARQUITECTURA DEL MICROROBOT F180

A continuación se describirán con mayor detalle los módulos que deben componer un microrobot, a pesar de que en apartados anteriores se han ido mencionando algunos de ellos. La descripción se realiza de manera genérica, especificando las funciones y características de estos elementos. Si bien, los tres capítulos posteriores se dedican exclusivamente a desarrollar el diseño para la aplicación concreta que atañe a este proyecto.

3.6.1. SISTEMA DE PROCESAMIENTO

Este elemento hace las veces de “cerebro” del robot, ya que es el encargado del control del mismo, y resulta necesario para lograr construir un robot autónomo. Por un lado, en este sistema se recogen y gestionan las señales del exterior, ya sean desde el sistema de IA, o los propios sensores con los que se equipó el robot. El sistema de procesamiento traduce y adapta las instrucciones que dicta la IA; desde el entorno de programación a alto nivel en el que trabaja el ordenador maestro, hasta llegar a las órdenes concretas para accionar los sistemas mecánicos del robot.

Con el fin de interactuar adecuadamente con el entorno, debe contar con un módulo de entradas y salidas tanto analógicas como digitales. Debido a la naturaleza de la competición, es necesario además el empleo de comunicación inalámbrica para realizar la transmisión de información. El procesador del robot será el encargado de manejar esta comunicación, seleccionando la frecuencia para la transmisión y estableciendo los canales necesarios. [4]

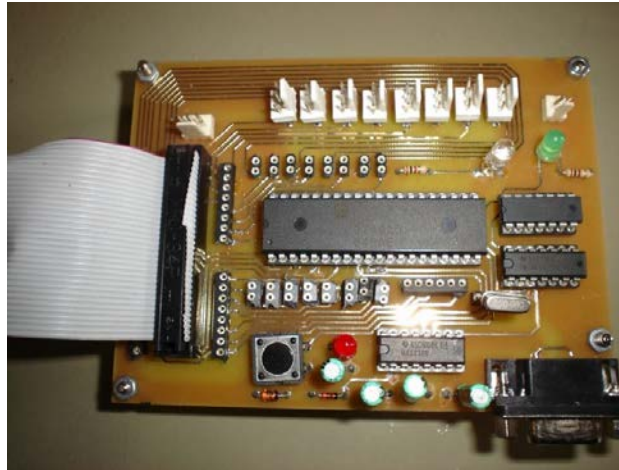


Ilustración 3.3.- Módulo de control desarrollado por la LSI-Eurobot 2008

Por lo tanto, resulta especialmente necesario que el sistema de control seleccionado para formar parte del robot F180 conste de un módulo de comunicación Wi-Fi, capaz de enviar y recibir información sin necesidad de un cable físico.



Ilustración 3.4.- Controlador comercial RCM4400-Rabbit

En la construcción de robots, el sistema de procesamiento puede ser diseñado a medida, como el mostrado en la figura 3.3, u optar por un módulo comercial entre la amplia variedad existente en el mercado (como el mostrado en la figura 3.4.) De manera general, los módulos comerciales incluyen un kit de desarrollo para facilitar su manejo y el aprendizaje del usuario, y garantizar que se consigue un rendimiento óptimo. Además, la utilización de equipos comerciales maximiza la obtención de recursos ocupando el mínimo espacio posible.

3.6.2. SISTEMA DE LOCOMOCIÓN

Todo robot móvil requiere de un sistema mecánico que le proporcione la capacidad de desplazarse. Existen diversas soluciones para lograr esta funcionalidad, y en gran parte determina la clasificación o el tipo de robot que se va a construir. A pesar de que muchas de

las soluciones implementadas en la robótica están basadas en organismos vivos, o inspiradas en soluciones de la naturaleza, el elemento más usado es la rueda.

El funcionamiento de esta invención de la humanidad está basado en el principio de fricción. Es un elemento verdaderamente versátil y cubre de manera simple la necesidad de movilidad.

El comportamiento de la rueda es mejor en superficies planas, ofreciendo una correcta estabilidad, es decir, que es sencillo de controlar, y equilibrio.

El diseño y/o selección de los elementos móviles (ruedas) está determinado, en gran medida, por el tipo de desplazamiento que debe realizar el robot. De esta manera, se explican a continuación los diferentes tipos de desplazamiento que pueden encontrarse en el diseño de microrobots [2].

3.6.2.1. El desplazamiento diferencial.

El desplazamiento diferencial consiste en proporcionar una diferencia de velocidades entre las dos ruedas motrices para cambiar la orientación del robot. Este tipo de control de los movimientos del robot, la dirección y velocidad de giro de las ruedas; de forma que si éstas giran en sentidos contrarios, el robot rotará sobre sí mismo. Por lo tanto, si se desea que el robot mantenga su orientación, la velocidad y dirección de giro de ambas ruedas deberán ser iguales. De esta manera, cuanto mayor sea la diferencia entre velocidades, mayor será el cambio de dirección. [14]

En la figura 3.5 se pretende mostrar un robot dotado de desplazamiento diferencial, que presenta dos ruedas motrices y dos ruedas pasivas, que se mueven en función del movimiento global del robot. En este caso, se produce la rotación del robot, sin traslación.

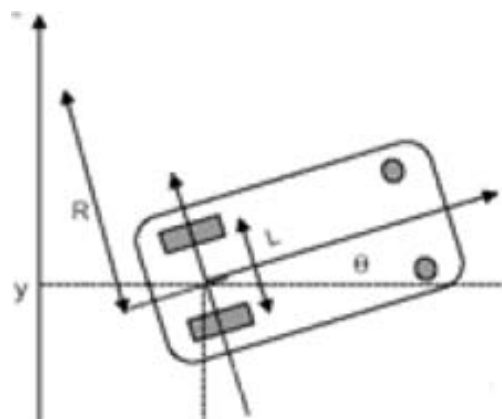


Ilustración 3.5.- Tracción diferencial

Este tipo de desplazamiento es el más sencillo, ya que cada rueda se controla de forma independiente, y resulta muy flexible, permitiendo trabajar en espacios muy reducidos por sus altas capacidades de giro. Consta del número de ejes necesarios, con dos ruedas cada uno, y al

menos una rueda adicional sin tracción (denominada caster o rueda loca), para mantener el equilibrio y la estabilidad.

Con esta configuración se permiten realizar giros sobre sí mismo, girar sobre una rueda, o girar mientras se avanza. Sin embargo, tiene el inconveniente de presentar una alta sensibilidad del control de la velocidad, de manera que cambios muy pequeños en las velocidades de las ruedas debido a posibles errores, generan grandes cambios en la trayectoria.

Un caso particular de la tracción diferencial es la tracción mediante orugas, ya que se sustituyen las ruedas por cintas, como en los tanques. Esto permite su uso en los casos en los que el terreno presente irregularidades, aunque el deslizamiento en los giros es muy grande, perdiendo bastante precisión.

Ventajas:

- Permite el giro del robot sobre sí mismo, lo que asegura un correcto comportamiento en las curvas.

Inconvenientes:

- No se consigue alcanzar el máximo rendimiento de las ruedas al tomar una curva, dado que alguna de las ruedas debe frenar o incluso invertir el sentido de giro.
- El control del movimiento en línea recta resulta muy complicado, ya que se debe asegurar la misma velocidad para las dos ruedas. Puede solventarse mediante el control dinámico con retroalimentación.
- Las ruedas “locas” pueden generar problemas de tracción en las directrices, debido a las irregularidades del terreno.
- El diseño e implementación resultan complejos.

3.6.2.2. TRACCIÓN SÍNCRONA

La configuración más usual en este tipo de sistema consta de tres ruedas orientables, formando un triángulo equilátero. Las tres ruedas son a su vez motrices y directrices; además, están ligadas de manera que apunten a la misma dirección siempre, y giren a la misma velocidad. Esto se consigue mediante un conjunto de correas que conectan las ruedas. Se usan dos motores independientes, uno hace rotar las ruedas y el otro las hace girar de manera simultánea. Dado que todas las ruedas permanecen paralelas, el robot rota siempre alrededor de su centro geométrico. [14]

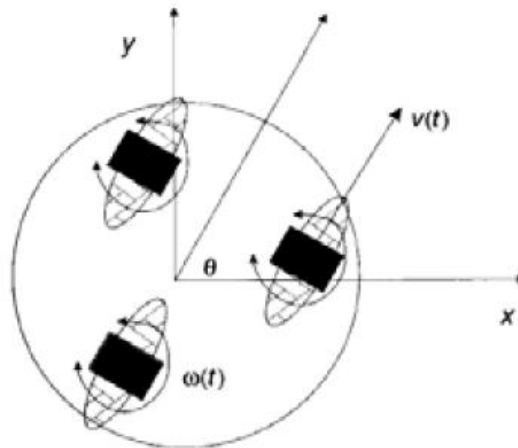


Ilustración 3.6.- Tracción síncrona

Ventajas:

- Se evitan los problemas de inestabilidad y de pérdida de contacto del desplazamiento diferencial.

Inconvenientes:

- Exige una mayor complejidad mecánica.

3.6.2.3. RUEDAS DIRECTRICES O TRICICLO

Este tipo de desplazamiento se basa en un sistema de tracción y dirección independientes. Así, consta de tres ruedas, dos fijas para lograr la tracción del robot, y una tercera que dota de direccionalidad al sistema, pero que carece de tracción. Con esta configuración se persigue un alto nivel de precisión y control sobre el giro del robot.

El centro instantáneo de curvatura (CCI) debe situarse en la línea que pasa y es perpendicular a las ruedas traseras fijas. El CCI indica el centro de curvatura instantánea, donde se cruzan todos los ejes de las ruedas directrices. [2]

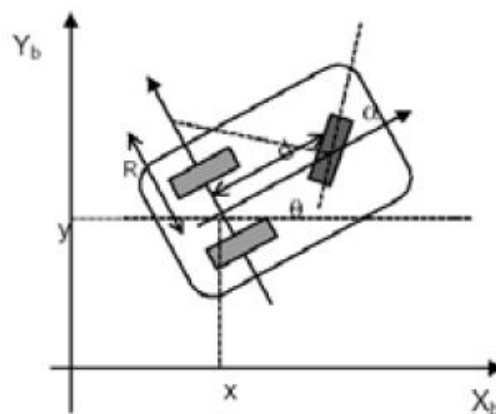


Ilustración 3.7.- Ruedas directrices

Ventajas:

- Este sistema presenta una buena estabilidad y simplicidad mecánica.
- Las ruedas de tracción pueden ir a máxima velocidad, siempre que el radio de giro de la pista sea lo suficientemente grande.
- Garantiza una mayor facilidad para mantener una trayectoria rectilínea.

Inconvenientes:

- La cinemática necesaria para llevarlo a cabo resulta más compleja.
- El radio de giro del robot no es muy grande, por lo que se deberá reducir la velocidad antes de realizar un giro o tomar una curva.
- No es recomendable su uso para robots que operen en un espacio de dimensiones reducidas, que precise de una gran libertad de movimientos.

3.6.2.4. TRACCIÓN ACKERMAN

Es similar al desplazamiento de triciclo, ya que se basa en dotar de ruedas directrices y crear un sistema independiente de tracción. Por lo tanto, de las cuatro ruedas que lo componen, las delanteras proporcionan direccionabilidad (en ocasiones también son ruedas motrices), y el tren trasero es el que recibe la propulsión de los motores. Se emplea de manera generalizada en robots autónomos para exteriores, en vehículos a motor, y es la usada en los coches. [40]

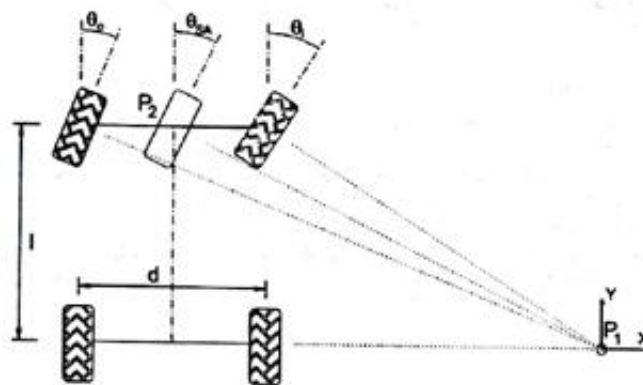


Ilustración 3.8.- Tracción Ackerman

Ventajas:

- Las ruedas de tracción pueden ir a máxima velocidad, siempre que el radio de giro de la pista sea lo suficientemente grande.
- Tiene una buena estabilidad.
- Permite un control muy bueno en las rectas.

Inconvenientes:

- El radio de giro del robot no es muy pequeño, por lo que se deberá reducir la velocidad antes de realizar un giro o entrar en una curva.
- Presenta una mayor complejidad mecánica que el triciclo, debido al acoplamiento entre las dos ruedas de dirección.

3.6.2.5. EL DESPLAZAMIENTO OMNIDIRECCIONAL.

Los robots omnidireccionales son capaces de moverse en cualquier dirección sin necesidad de alcanzar una orientación previa específica. Para ello se requiere un diseño de ruedas que puedan moverse en varias direcciones, como las que se muestran a continuación. Los rodamientos de las ruedas hacen posible el desplazamiento en la misma dirección que el eje de la rueda, mediante un movimiento de arrastre de la base del robot. [15]



Ilustración 3.9.- Rueda omnidireccional

El movimiento omnidireccional resulta de gran interés para la construcción de robots móviles, ya que permite una completa maniobrabilidad, a la vez que hace posible la traslación sobre la ruta deseada se puede combinar con una rotación, de modo que el robot llega a su destino en el ángulo correcto.

Esta configuración precisa de al menos tres ruedas omnidireccionales, que proporcionan la fuerza necesaria en dirección perpendicular al eje del motor, y paralela a la superficie. El funcionamiento se basa en la suma total de dichas fuerzas, que provoca la traslación y rotación del robot.

Los sistemas de tres ruedas omnidireccionales tienen la ventaja, frente a los sistemas de cuatro ruedas, que reducen el coste debido al uso de una rueda menos y de la reducción de la mecánica asociada. Además, al tratarse de tres puntos de apoyo, se asegura el contacto con el suelo. Sin embargo, el control de velocidad de cada una de las tres ruedas es totalmente independiente, lo que obliga a una mayor capacidad de cálculo frente a un sistema de 4 ruedas, en el que las velocidades de las ruedas pueden relacionarse por pares de manera muy simple. La capacidad de cálculo puede ser un factor limitador en sistemas basados en

microprocesadores pequeños. Uno de los montajes típicos en tres ruedas es la denominada plataforma de Killough [16].

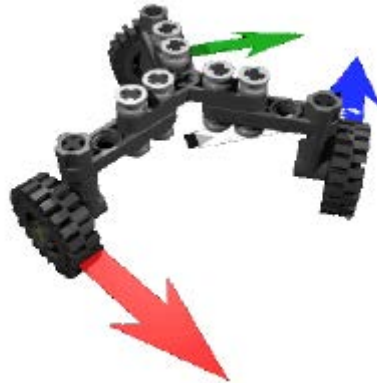


Ilustración 3.10.- Ejemplo plataforma de Killough

Ventajas:

- Permite realizar movimientos complejos, con una elevada sencillez.

Inconvenientes:

- No existen restricciones mecánicas que garanticen el movimiento en línea recta
- Resultan difíciles de implementar.

3.6.3. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

La necesidad que se desea cubrir con este sistema consiste en proporcionar la energía que precisen los elementos del robot. Esto debe realizarse según la cantidad requerida, y a tiempo para llevar a cabo las acciones necesarias. Además, la selección de los elementos que lo componen deben adecuarse a las dimensiones máximas permitidas para la competición. El sistema de alimentación está compuesto por un elemento de almacenamiento de energía o batería y por un subsistema capaz de acondicionar y adecuar la energía según las necesidades de los elementos del robot.



Ilustración 3.11.- Ejemplo de batería

En cuanto a la batería, se encuentran en el mercado multitud de tecnologías diferentes, según sean sus componentes químicos; a saber, Níquel-Cadmio, Níquel metal-hidruro, Ión-Litio o Litio-polímero. Esto da lugar a diferentes características relacionadas con el funcionamiento, el peso o el volumen de la misma.

Para el subsistema de acondicionamiento, también se comercializa una amplia variedad de reguladores de tensión, ya sean elevadores o reductores, reguladores de corriente, y rectificadores. Para realizar una selección adecuada, será necesario analizar los requerimientos de alimentación de los elementos que componen el robot.

3.6.4. Estructura

La estructura del robot está destinada a darle forma, resistencia y robustez, así como generar los espacios necesarios para albergar los diferentes sistemas; que deberán fijarse en la base del microrobot F180. La estructura servirá también como protección frente a los golpes, evitando los posibles daños de los elementos internos del robot [8].

Por todo lo anterior, el diseño la estructura debe basarse en garantizar la solidez y robustez necesarias, bajo los requerimientos dimensionales y de peso, de manera que no se interfiera negativamente en las capacidades de movilidad del robot.

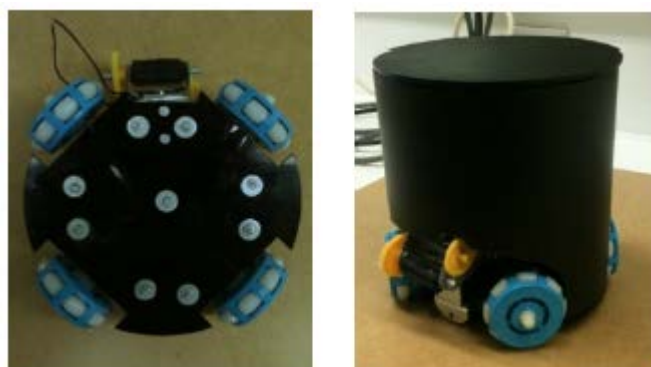


Ilustración 3.12.- Estructura de un robot F180

3.6.5. Sistema de disparo

Este sistema se centra en el golpeo de la pelota, resultando ser uno de los sistemas que mayor influencia tienen en el desarrollo de los partidos: un disparador robusto y eficiente aumentará considerablemente las opciones de marcar puntos, y por lo tanto determina la capacidad del equipo para triunfar en la competición. [3]

Los principales requerimientos son las elevadas exigencias de la potencia de disparo, llegando a disparos de 10 m/s (límite máximo según la normativa), y el reducido espacio disponible en la estructura del robot.



Ilustración 3.13.- Opción de sistema de disparo robot F180

Tras el análisis de las diferentes soluciones implementadas por los equipos participantes, cabe destacar la gran variabilidad de las mismas en cuanto a la tecnología seleccionada. Las principales opciones de diseño pueden clasificarse en: sistemas neumáticos, sistemas con servomotores, sistemas de muelles o sistema con solenoide. [9]

PROPIEDADES	Neumático	Servomotor	Muelle	Solenoide
Potencia de disparo	→	↓	↑	↑
Tiempo entre disparos	↑	↑	↑	↑
Número de disparos	↓	↑	↑	↑
Modulación de potencia	↑	↑	↑	↑
Espacio requerido	↓	→	↓	↑
Peso	→	↑	↓	↑
Costes	↑	↑	→	↑
Seguridad	↑	↑	↑	↓

Ilustración 3.14.- Comparativa sistema de disparo

A través de la tabla anterior, se trata de calificar las características de los diferentes sistemas para facilitar la comparativa y selección de una determinada tecnología; de manera que las flechas hacia arriba suponen una ventaja de un determinado sistema frente al resto, mientras que las flechas hacia abajo muestran una desventaja en ese campo. Las flechas horizontales corresponden a características que no son determinantes para la elección de un tipo de sistema, y supondría una valoración media de la funcionalidad indicada.

3.6.6. Sistema Dribbler

Otra de las habilidades principales que debe poseer el robot F180 es poder mantener la posesión de la pelota de manera controlada. El sistema encargado de esta función es conocido como dribbler o regateador. [10]



Ilustración 3.15.- Modelo de sistema dribbler

Este mecanismo está compuesto de un motor que gira, a través de un sistema de transmisión, una barra cilíndrica de material plástico. La barra, al entrar en contacto con la pelota es capaz de hacerla girar sobre sí misma, permitiendo el desplazamiento simultáneo del robot. La ubicación de la barra está sujeta a las directrices que fija la normativa en los apartados que describen el regateo (apartado 2.4. y decisión 4 del apartado 2.12). Debido a las normas mencionadas, la fuerza ejercida sobre la pelota debe ser perpendicular al plano de la superficie, y sólo se permite cubrir el 20% de la superficie de la pelota, impidiendo rodear la bola.

La solución más sencilla se basa en el uso de un cilindro para la construcción de la barra. Sin embargo, esto permitiría el desplazamiento de la pelota a lo largo del eje, lo que supondría un grave problema a la hora de golpear la pelota, ya que el punto de contacto con el disparador no estaría centrado. Como posible solución, se plantea la modificación del cilindro según propone el equipo RoboRoos (Universidad de Queensland, Australia), con estrías a modo de tornillo que dirijan la pelota hacia el centro longitudinal de la barra.

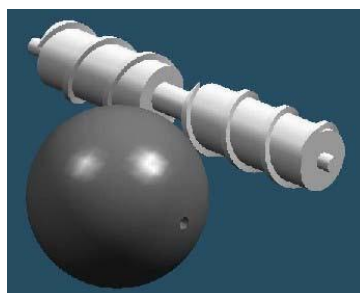


Ilustración 3.16.- Dribbler RoboRoos

CAPÍTULO 4: ESTRUCTURA

4.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describen las partes de la estructura y los procesos llevados a cabo para el diseño y construcción del prototipo de robot de la Robocup Small Soccer League. Se garantiza que se han tenido presentes y se han cumplido las reglas del concurso, respecto a las medidas y tamaños impuestos.

Se tratarán cuáles han sido los criterios de diseño de cada pieza, teniendo en cuenta los criterios impuestos por las reglas del concurso y los materiales de los que están fabricados.

A parte de los principales elementos estructurales del prototipo, como son la base y la cubierta del robot, se desarrollan elementos estructurales destinados a la sujeción de los diversos sistemas a la estructura principal. Podemos diferenciar dos zonas de actuación:

- Diseño y construcción del esqueleto principal del Robot.
- Diseño y construcción de elementos de sujeción para los distintos sistemas.

También se realizará un análisis y una comparativa de los prototipos de los años 2010 y 2011 respecto al prototipo actual (2013).

4.2. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DEL PROTOTIPO 2010

El diseño del prototipo de 2010 empleaba dos plantas para la distribución de todos sus componentes. La parte baja del robot estaba destinada a los sistemas de locomoción, disparo y dribbling. El segundo piso albergaba tanto la batería, como las placas de control.

Todas las piezas estaban pensadas para ser fabricadas en aluminio, seleccionando el espesor más conveniente para cada aplicación. Este material se caracteriza por su ligereza, duración, versatilidad y maleabilidad, lo que lo hace adecuado para el desarrollo del chasis. Por contra, se debe prestar especial precaución respecto a su conductividad eléctrica que puede provocar cortocircuitos si no se aísla de forma adecuada.

4.2.1. Planta baja de la estructura

La planta baja era considerada la parte estructural más importante de toda la arquitectura o estructura física del motor, ya que era la parte más cercana al suelo y donde se incorporaban la mayor parte de los componentes del robot.

El diseño de la base se planteó desde una forma circular, de acuerdo a la regla 2.4 del concurso, donde se especifica que el diámetro máximo del robot no puede sobrepasar los 180mm [11]. La configuración de piso bajo permitía aprovechar el espacio del prototipo, pero suponía un mayor esfuerzo en diseño y ajuste de las diferentes alturas de las ruedas y los ejes de los motores.

Este sistema se basa en situar el eje del motor justo por encima de la base, adentrando parte del diámetro del motor en dicha base.

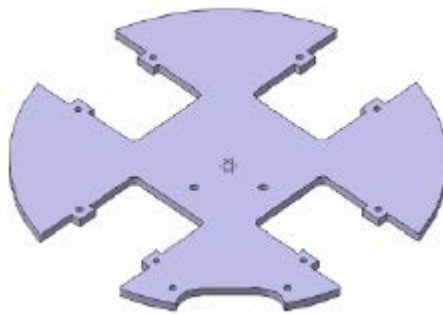


Ilustración 4.1.- Planta baja Prototipo 2010

La altura de la base se definió en función del solenoide del sistema del disparo. Se diseñó este sistema para que una vez fijado a la base, la pluma quedase a una altura de 21,5mm (la mitad de la pelota de juego), de esta forma el golpeo era óptimo. También se tuvo en cuenta que la altura de la base no ocasionase una elevación de la pelota, en caso de una colisión entre el robot y esta. Por todo lo anterior, se decidió diseñar la base, con una altura sobre el suelo de cuatro milímetros. Así, se muestra en la siguiente figura los parámetros de diseño descritos hasta ahora.

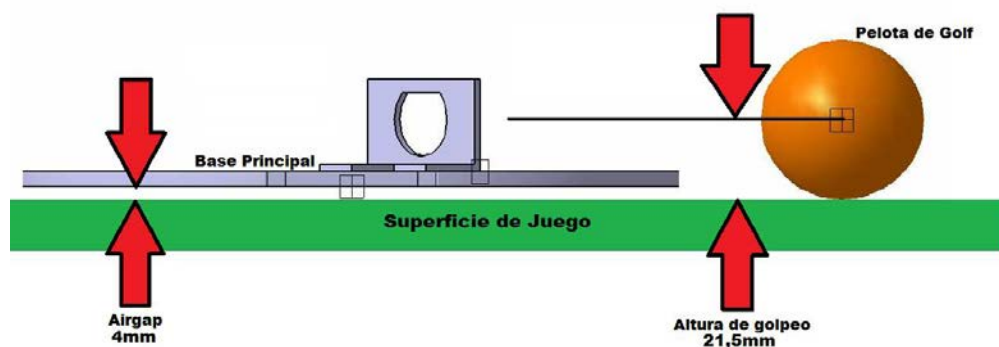


Ilustración 4.2.- Detalle piso bajo Prototipo 2010

La principal función de esta pieza era la de soportar el peso del robot al completo. Se estimó una masa aproximada de 3Kg, lo que derivó en seleccionar un espesor de 4mm para el diseño de la base principal.

4.2.2. Escuadras para los motores del sistema de locomoción

Esta pieza se diseñó pensando en la sujeción de los motores de locomoción con la base principal, para ello se utilizaron perfiles en forma de L. Esta premisa se ha mantenido en el diseño del prototipo actual.

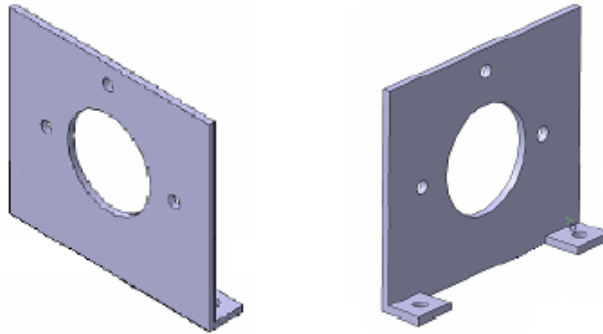


Ilustración 4.3.- Escuadras motor ruedas Prototipo 2010

4.2.3. Acoplamiento rueda-motor

Para el acoplamiento entre el eje del motor, de diámetro 3 mm, y la rueda, de diámetro interior 6,35mm, se creó un casquillo con la siguiente forma.



Ilustración 4.4.- Acoplamiento rueda-motor Prototipo 2010

Este casquillo permitió fijar el eje del motor a la rueda omnidireccional. Para evitar el desacoplamiento producido por el uso y por consiguiente, la pérdida de tracción, se empleó una pequeña gota de pegamento cianocrilato distribuida alrededor del eje del motor con el fin de conseguir una unión firme y fuerte.



Ilustración 4.5.- Detalle rueda con casquillo Prototipo 2010

4.2.4. Escuadra para el solenoide.

Como en las escuadras para los motores de las ruedas, se optó por utilizar un perfil en L que garantizase una gran sujeción entre la base principal y el solenoide. Se le realizó un orificio de la forma necesaria para insertar el solenoide.

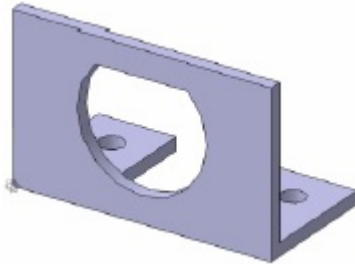


Ilustración 4.6.- Escuadra fijación solenoide Prototipo 2010

4.2.5. Sujeción y fijación del sistema dribbler

El sistema de dribbling se situó sobre la base baja de la estructura, se utilizaron dos piezas rectangulares en las cuales se albergó el eje del rodillo y el del motor. Estas se sujetaron a la base mediante tornillos pasantes en dirección perpendicular al suelo.

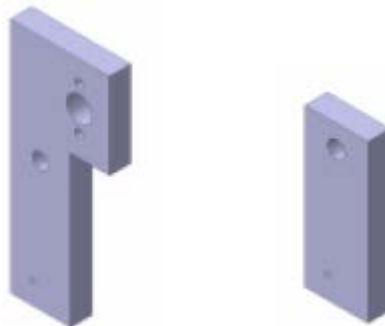


Ilustración 4.7.- Escuadras dribbler Prototipo 2010

4.2.6. Primera planta de la estructura

En esta parte de la estructura se ubicó la batería y la placa de procesamiento y control. La forma se definió como un círculo seccionado en la parte superior al sistema del dribbler, para dejar más espacio a dicho conjunto.

Se tuvo en cuenta las dimensiones de los dispositivos colocados en la placa inferior para definir la altura a la que se iba a colocar esta pieza, el objetivo era desperdiciar el menor espacio posible.

También se tuvo en cuenta que la carcasa exterior del robot debería ocupar parte del diámetro de la estructura; por lo que el diámetro final era 4mm más pequeño que la base principal (176 mm de diámetro).

4.2.7. Cubierta del robot

La cubierta del prototipo 2010 se implementó con un diseño similar en la primera planta. Construida en aluminio de 2mm de espesor, su principal función era proteger los sistemas por la parte superior del robot y, además, albergar los elementos de distinción de cada uno de ellos. Este elemento debía portar el código de colores de identificación exigido por normativa.

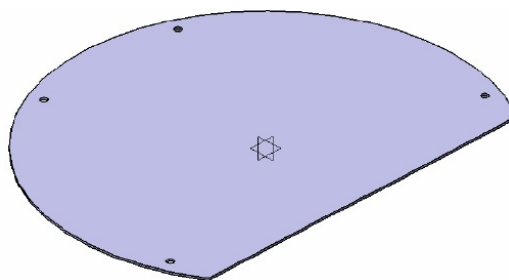


Ilustración 4.8.- Cubierta Prototipo 2010

4.3. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DEL PROTOTIPO 2011

En el diseño del prototipo de 2011, el robot pasa de tener cuatro ruedas a tres. Además de cambiar la cantidad, también se cambia el tipo de rueda, por tanto hubo que adapta toda la estructura a las nuevas necesidades.

Otro de los cambios es prescindir de la base de la planta baja, utilizando la planta intermedia para la fijación de todos los sistemas del robot.

4.3.1. Base de la estructura

Debido a la nueva configuración y las características de las ruedas VEX 2,75'', se cambió la estructura del prototipo del 2010, eliminando la planta baja en detrimento de aprovechar más la planta intermedia, pasando a ser la pieza principal de la estructura.



Ilustración 4.9.- "VEX 2.7" rueda Prototipo 2011

Con las modificaciones que se llevaron a cabo, la pieza tenía que soportar mayores tensiones estructurales, debido a que en su cara superior iban sujetos los elementos de procesamiento y la batería, y en la cara inferior, se encontraban los sistemas mecánicos (locomoción, disparo y dribbler). Por todo ello, se optó por reforzar la base aumentando el espesor del material a 5 mm.

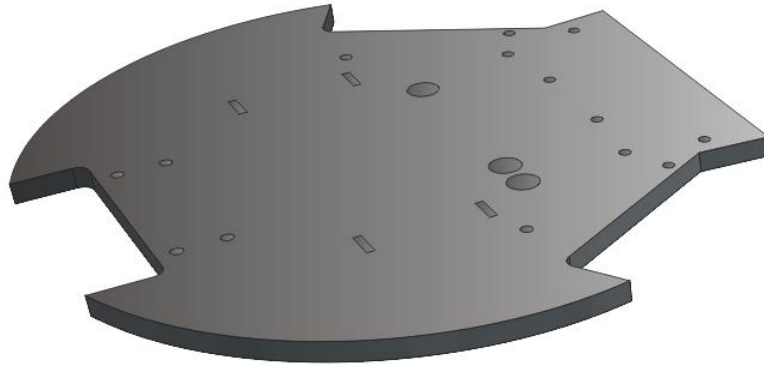


Ilustración 4.10.- Base prototipo 2011

Como en el actual prototipo, el diseño incluía ranuras y orificios para instalar los sistemas de fijación de los componentes, y atravesar la base con los mazos de cables de los motores y el solenoide.

4.3.2. Escuadras para los motores del sistema de locomoción

Para este elemento se empleó la misma filosofía de diseño que en el proyecto anterior, Ilustración 4.3, escuadras en forma de L y como material de fabricación, el aluminio.

La modificación que se realizó, fue la adaptación del tamaño a las nuevas ruedas, aumentado el espacio entre la base de las escuadras y todos los taladros de fijación del motor.

4.4.3. Acoplamiento rueda-motor

Debido al cambio de ruedas respecto al proyecto anterior, tuvieron que diseñarse unos casquillos para poder acoplar la rueda al eje del motor, de esta forma se pudo transmitir el movimiento de la rueda con una gran precisión, permitiendo el control del movimiento.

Esta pieza tenía una camisa en la que se introduce el eje del motor, con una terminación en cuadrado que encajaba con la forma de la rueda. El conjunto se completó con una arandela, y un tornillo. Además, la camisa estaba provista de tres prisioneros a 120 grados para asegurar el agarre entre el casquillo y el eje del motor.



Ilustración 4.11.- Acoplamiento rueda motor Prototipo 2011

- a) Casquillo y componente
- b) Vista frontal de la rueda con casquillo incorporado
- c) Vista trasera de la rueda con casquillo incorporado
- d) Montaje completa

4.3. 4. Escuadra para el solenoide

La única modificación que se realizó en este elemento respecto al del prototipo del año anterior, fue la colocación de dos separadores hexagonales de acero que situaban la escuadra la escuadra del solenoide a una altura idónea para el golpeo en el centro de la pelota.

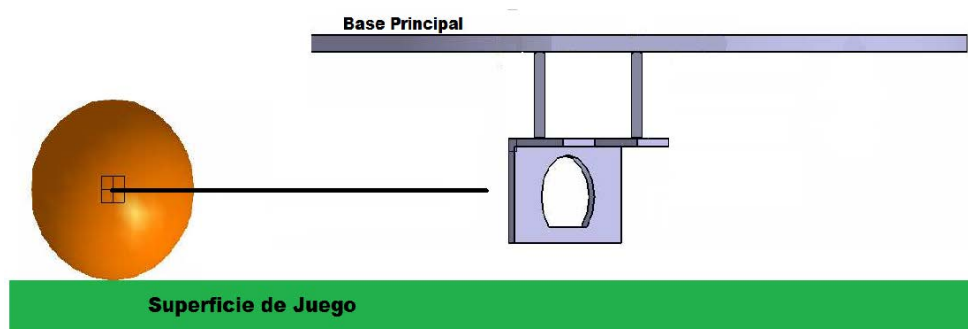


Ilustración 4.12.- Escuadra y separadores del solenoide Prototipo 2011

4.3.5. Sujeción y fijación del sistema dribbler

Debido al cambio de diseño estructural de piso bajo a piso intermedio y a la obligación por parte de la normativa a restringir el volumen de pelota que se podía ocultar (20% del volumen total) se diseñaron dos nuevos soportes para fijar el motor y la barra del dribbler al robot en su posición correcta. También se cambiaron el motor y la barra del dribbler



Ilustración 4.13.- Soporte Dribbler Prototipo 2011

Ambos soportes eran similares a excepción de los taladros realizados en uno de ellos para la fijación del motor (2 taladros de fijación y otro para el eje del motor). También se incluyeron dos cojinetes (uno por soporte) en los que se insertó la barra o eje del dribbler, de esta forma se facilitó el movimiento de rotación de éste y se evitó el desgaste de los soportes por rozamiento.

4.3.6. Cubierta del robot

Respecto a la cubierta del robot, no hubo ningún cambio en relación al prototipo de 2010, Ilustración 4.8.

4.3.7. Mejoras implementadas respecto al prototipo de 2010

Las mejoras logradas en la estructura son las siguientes:

- La accesibilidad a todos los sistemas, especialmente los que “cuelgan” de la base principal.
- Reducción del tiempo de desmontaje del robot, sustitución de componentes y montaje del robot debido a la nueva configuración de los sistemas.
- Sujeción de todos y cada uno de los componentes que debían ir en el robot, eliminado así los riegos por daños que pudieran sufrir por golpes debidos a las inercias durante el movimiento.

4.4. ESTRUCTURA PARA EL PROTOTIPO 2013

El prototipo del año 2013 tiene la finalidad de integrar las últimas mejoras estructurales antes de entrar a competir. Estas mejoras vienen dadas por los cambios realizados en el sistema de disparado, Capítulo 5, la necesidad de cambiar el tipo de rueda, Capítulo 6, y para conseguir los siguientes objetivos: mayor robustez sin sacrificar rapidez y la optimización en la colocación de los diferentes dispositivos que componen el robot.

4.4.1. Normativa a cumplimentar

Uno de los principales objetivos que se han marcado para este prototipo es que el prototipo cumpla las reglas relacionada con la estructura del proyecto, [11], para poder dar pie a la construcción del equipo al completo y poder participar en la competición.

Las normativas nos hablan de varios puntos a tener en cuenta:

- 1) Seguridad: "Un robot no debe tener nada en su construcción que sea peligroso para sí mismo, otro robot o los seres humanos"²
- 2) Forma: Todos los integrantes del equipo tienen que caber en un cilindro de 180 cm de diámetro y 150 cm de altura. Además, tendrá que tener un diámetro mínimo de 17 cm, marcado por el tamaño del modelo estándar

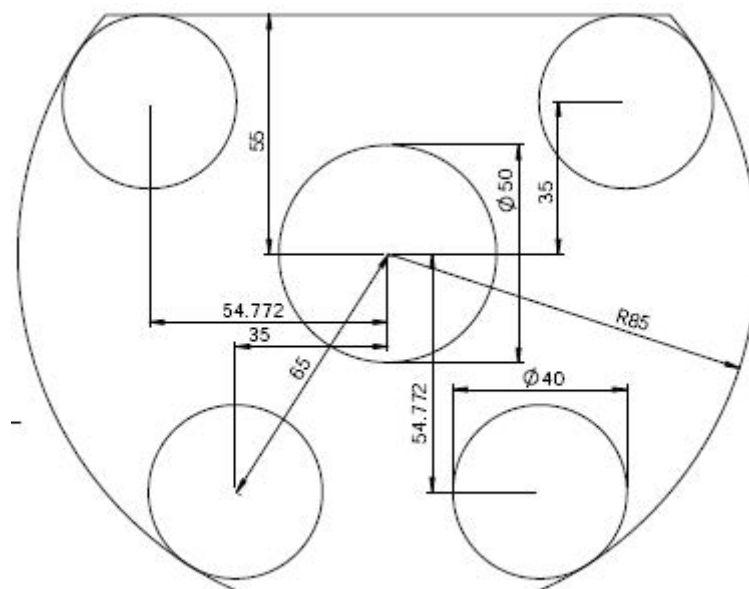


Ilustración 4.14.- Modelo estándar Robocup

² Laws of the RoboCup Small Size League 2013. The robotic equipment. Cap. 4.1.- Safety

- 3) Color del equipo: El equipo de robots tiene que tener la capacidad de poder identificarse como equipo de color azul o amarillo, dependiendo del color asignado. Para eso debe cumplir el modelo estándar mencionado en la anterior norma.

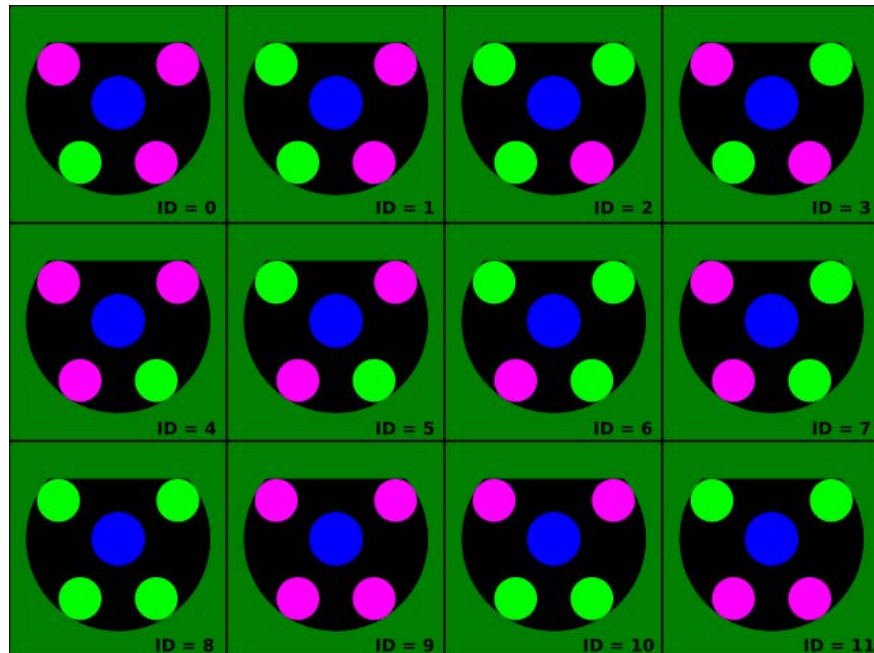


Ilustración 4.15.- Asignación de color Robocup

Estas han sido las premisas a tener en cuenta a la hora de realizar todos los diseños y toda la distribución que comentaremos a continuación.

4.4.2. Base de la estructura

Junto con la carcasa exterior, la base de la estructura es el elemento estructural más importante del prototipo. En esta pieza es realizamos la sujeción del resto de sistemas del robot.

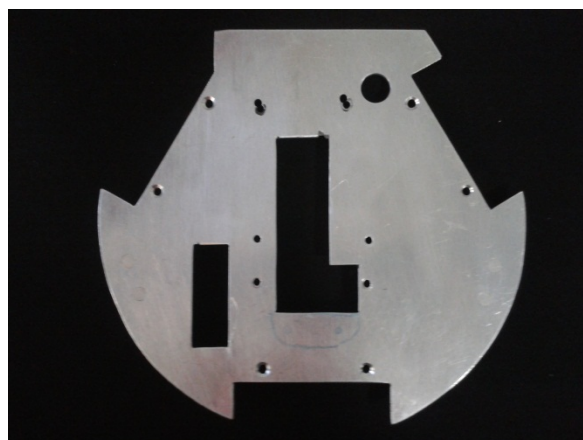


Ilustración 4.16: Base principal vista desde arriba

Se ha tomado como referencia la base del prototipo del 2012. Los principales problemas que observamos en el prototipo anterior fueron:

- la distribución de los agujeros para la sujeción de los diferentes elementos del robot. A la hora de intentar optimizar el espacio utilizado, nos vimos con la necesidad de redistribuir algunos de los componentes y por consiguiente cambiar la distribución de los taladros realizados en la chapa.
- el problema de pasar los cables de los dispositivos alojados en la parte inferior de la base a la batería, tarjetas de control, etc.... Se realizaron una serie de agujeros en varias zonas, de forma que pudiésemos reducir la cantidad de cable a utilizar llevándolo por el camino más corto posible.

Además de estas modificaciones, hicimos un agujero rectangular aproximadamente en el centro de la base, para poder conectar la transmisión del motor del disparador (colocado en la parte superior de la base) hasta el tornillo sin fin (situado en la parte inferior de la base), y el mecanismo de gatillo formado por: el servo (parte superior de la base) y el conjunto de carrete, pistón y escuadras (situadas en la parte inferior).

En este prototipo se ha reducido considerablemente el espesor de la base principal, de 5 mm (Prototipo 2011) a 2,5 mm (Prototipo 2013). Consideramos que era más importante reforzar las sujeciones de las piezas a la base, de forma que esta podría tener un menor espesor debido a que el material que hemos utilizado para fabricarla es el aluminio.



Ilustración 4.17.- Láminas de Aluminio

Se ha utilizado este material debido a su baja densidad y gran resistencia, lo que le da rapidez de movimientos al robot sin perder robustez, esto se une a la ventaja de que es bastante fácil el mecanizar. La principal desventaja que tiene el aluminio es su capacidad de conducción eléctrica, la cual tendremos que tener en cuenta a la hora de realizar las conexiones de los distintos dispositivos que componen el prototipo.

4.4.3. Escuadras para el sistema de locomoción

Este componente estructural tiene la función de sujetar los dispositivos mecánicos que permiten la locomoción del prototipo, a la base de la estructura. Para realizar esta tarea, se ha considerado que la mejor opción es una única pieza con forma de L, de esta forma evitamos las posibles tensiones que puedan aparecer en la unión. Este era el principal inconveniente del diseño de la escuadra del prototipo de 2012, incluso llegó a romperse una de las tres escuadras fabricadas.

El material que hemos elegido para la realización de la pieza es el aluminio, igual que en los prototipos anteriores, con un espesor de 2 mm. Este material, como ya se ha mencionado con anterioridad, es muy ligero a la par que robusto.

En el diseño de este prototipo, se ha optado por pasar de una escuadra cuadrada a ajustarse a la forma del motor de la rueda, dándole una forma circular. Este detalle de diseño, más que para reducir material y peso, es puramente estético.

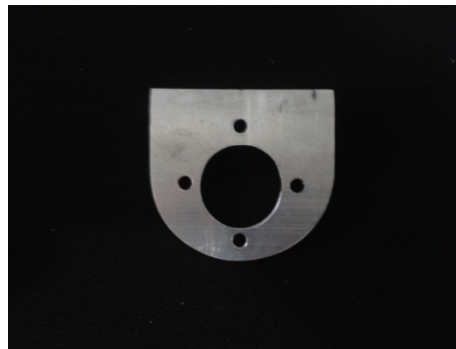


Ilustración 4.18: Escuadra rueda motor

En cuanto a la sujeción de la pieza a la base del prototipo, se ha optado por utilizar remaches en vez de tornillos y tuercas. De este modo, evitaremos los posibles desajustes que se puedan producir por el paso del tiempo y la acumulación de pruebas y partidos.

4.4.4. Escuadra para el motor del disparador

Respecto a las escuadras del disparador, se decidió no modificarlas, ya que es un elemento que solo sirve de sujeción para que el motor esté a la altura y posición correcta, para que el sistema de transmisión funcione correctamente.

4.4.5. Escuadras para el disparador

Como ya se ha mencionado en otros apartados de este proyecto, el dispositivo del disparador está formado por dos escuadras, la delantera y la trasera, Figura 4.20 y 4.21 respectivamente.

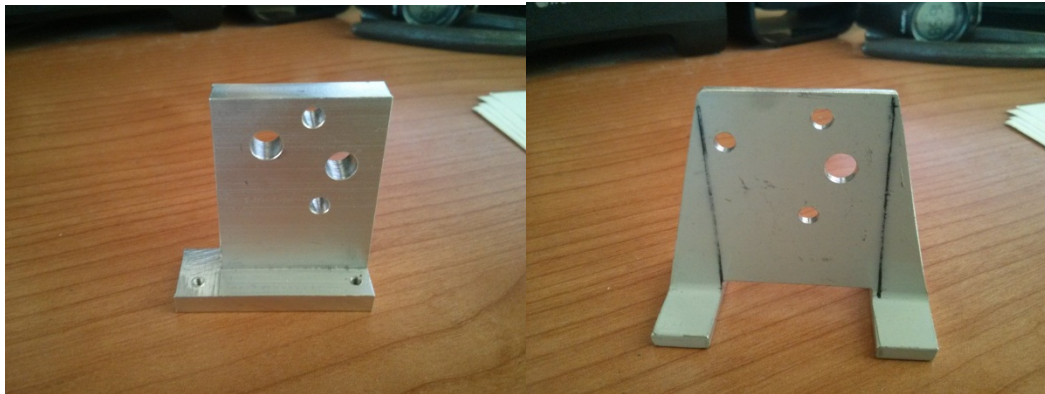


Ilustración 4.19 y 4.20: Escuadra delantera y trasera, respectivamente

La escuadra trasera del disparador está diseñada para que se pueda colocar en la zona central de la base, donde se encuentra el espacio destinado al gatillo del disparador, para ello se ha diseñado de tal forma que la parte horizontal de la escuadra, quede a los lados del agujero. Debido a que la superficie de sujeción de la escuadra con la base es reducida, hemos utilizado una pieza sacada a partir de un ángulo de 90°, de aluminio, de esta forma conseguiremos una mayor resistencia mecánica a los esfuerzos que tiene que sufrir.

A la escuadra se le han realizado cuatro taladros, tres de ellos están destinados a las guías del carrete, las cuales se comentaron en el capítulo del disparador. El otro taladro pertenece al tornillo sin fin, el cual atravesará la escuadra para encasquillarse con el piñón.

La escuadra delantera del disparador es la que soporta el golpe del pistón, por ese motivo ha sido diseñada con un espesor mayor que la trasera, Ilustración 4.22, ya que sufrirá impactos como consecuencia de los disparos. Para soportar estos disparos, la escuadra está diseñada para que sea una única pieza, de esta forma, como ya mencionamos en otros casos, el esfuerzo que se produce en la unión es menor.



Ilustración 4.21: Comparación de espesor de las ecuadras

En un principio estaba diseñada para que tuviese 5 taladros, tres para las guías, uno para el tornillo sin fin y el último para el pistón. Pero según íbamos haciendo pruebas con el disparador, vimos que con dos guías, nos bastaba para que el carrete no se desviase.

Como en las otras escuadras, el material que hemos utilizado para la realización de la pieza es el aluminio. La sujeción con la placa base está pensada para hacerla con tornillos y tuercas, las cuales pasaran por unos taladros realizados tanto en las escuadras como en la placa.

4.4.6. Soportes para el dribbler

Estos soportes nos permiten tener los distintos componentes del dribbler sujetos a la placa base y a la altura correcta, Ilustración 4.23.



Ilustración 4.22: Soporte dribbler

Los soportes son un taco de aluminio al cual se le ha realizado dos taladros en uno de ellos y tres en otro. El en el primero, un taladro será para sujetar la pieza con la base y el otro para colocar el rodamiento. El segundo soporte, tiene los mismos taladros, más un tercero dedicado a la sujeción del motor del dribbler.

En los prototipos anteriores, había problemas con el rodamiento, ya que al desplazarse la barra lateralmente, este se salía de la escuadra. En este prototipo diseñamos una escuadra en la que el rodamiento tuviese que meterse a presión, y además, una vez que estuviese metido y bien ajustado, se procedió a dar unas punzadas alrededor del agujero del taladro, de forma que el aluminio se expandiese y aumentase la presión ejercida sobre el rodamiento.

4.4.7. Columnas para la fijación de las placas de control

Para la fijación de las placas de control, se han utilizado unos prismas hexagonales con un agujero roscado en la parte inferior y un saliente roscado en la superior, uniendo varias piezas, hace las veces de columna, permitiendo fijar distintas placas del robot, a la base principal



Ilustración 4.23: Columnas hexagonales

4.4.8. Diseño de la carcasa exterior del robot

La carcasa del robot es una de las principales diferencias respecto al prototipo del 2012. En el anterior proyecto se utilizaba una pieza similar a la base principal para cubrir la parte superior del robot. En este prototipo hemos querido proteger los componentes internos de posibles pelotazos y golpes con otros robots.

Material:

El material utilizado para hacer la carcasa es la fibra de carbono. Hemos elegido este material debido a que es ligero, pero a la vez tiene gran resistencia mecánica.

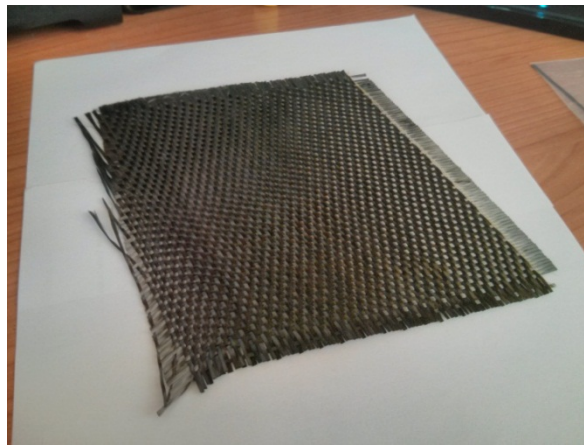


Ilustración 4.24: Tela de fibra de carbono

El color negro característico de la fibra de carbono favorece el diseño del prototipo, ya que en el terreno de juego, la cámara destinada a la identificación de cada robot se basa en un patrón de colores situado en la parte superior de estos. Que la pieza donde se coloca el patrón de colores sea negra, permite que se reconozcan mejor.

Proceso de elaboración:

El proceso con el que se ha realizado la carcasa del prototipo tiene los siguientes pasos:

- 1) Se hace un molde de madera para darle a la pieza la forma que deseamos,



Ilustración 4.25: Molde de madera

- 2) Se recorta la tela de fibra de carbono necesaria para poder conseguir la forma del molde.

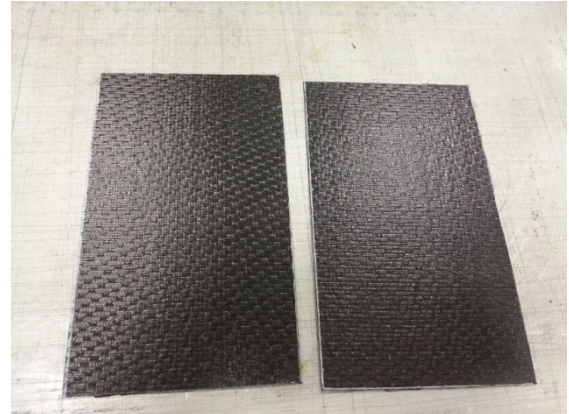
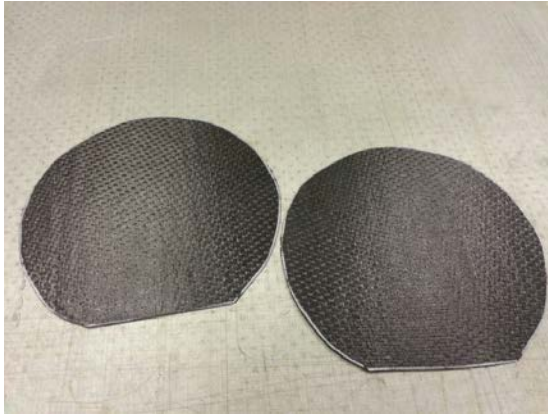


Ilustración 4.26: Fibra de carbono para ajustar en el molde

- 3) Aplicamos resina al tejido para que la fibra de carbono se compacte.



Ilustración 4.27: Fibra de carbono con resina en molde

- 4) Una vez que tenemos las piezas colocadas en el molde y habiéndole aplicado la resina, metemos el molde con la fibra en una máquina que nos permite hacer el vacío además de aplicarle calor.

- 5) Una vez finalizado el proceso, obtenemos una pieza, la cual tendremos que darle la forma para que se ajuste al diseño de nuestro prototipo.



Ilustración 4.28: Carcasa

Serigrafía:

Como último paso para la elaboración de la carcasa del robot, se decidió añadir una serigrafía en la parte delantera. El diseño que hemos elegido es el logo del departamento del Laboratorio de Sistemas Inteligentes (LSI).



Ilustración 4.29: Carcasa con logotipo LSI

Código de colores:

Para la correcta identificación de cada integrante del equipo y la distinción de estos con los robots del equipo rival, existe un código de colores establecido por las reglas de la competición, Ilustración 4.15.

Puesto que este proyecto está destinado a la fabricación de un prototipo, no se ha querido implementar ningún patrón en la carcasa del robot. Esta tarea se realizará cuando se fabriquen los cinco integrantes del equipo

4.4.9. Acoplamiento rueda motor

El acoplamiento es un apartado que, como hemos comentado en resúmenes de prototipos anteriores, se incluía en el estudio de la estructura. En este trabajo no se ha incluido el nuevo diseño de acoplamiento debido a un problema logístico con las ruedas del robot.

Las ruedas que se utilizaron para proyectos anteriores, Ilustración 4.9, se dejaron de fabricar. Esto ha influido en gran medida al diseño del sistema de disparo, el cual se analiza en el siguiente capítulo, ya que las ruedas que no se encontraron ruedas similares. El fabricante nos ofreció una solución que era similar a la que nosotros teníamos implantada, con el inconveniente de que las ruedas que nos dijeron eran prácticamente el doble de anchas que las que nosotros estábamos utilizando, Ilustración 3.9, por tanto la tuvimos que desechar debido al poco espacio del que disponemos.

Este problema se trató en un proyecto que se estaba ejecutando de forma paralela a este, por otro alumno que está realizando el TFG con el cual se ha trabajado estrechamente para poder solucionar los problemas que se han presentado en el microrobot.

Al final, tras mucho buscar, se encontraron las siguientes ruedas:



Ilustración 4.30: Nuevas ruedas

Todo el análisis de la nueva locomoción y el diseño del nuevo acoplamiento aparecerá en el estudio que se ha mencionado antes.

4.5. Mejoras implementadas

Las mejoras implementadas en la estructura son las siguientes:

- Adaptación de las piezas del robot a la competición. Las piezas pasan de ser de aglomerado a materiales más resistentes, como por ejemplo el aluminio, para poder aguantar las inclemencias que se puedan sufrir en los partidos.
- Base principal: se ha rediseñado para poder adaptarse a las nuevas necesidades del sistema de disparo, además de favorecer la nueva distribución de los distintos componentes.
- Escuadras para el sistema de locomoción: estas escuadras se han diseñado para las nuevas ruedas del prototipo. En este diseño se ha buscado darle más resistencia a la sujeción con la base principal.
- Escuadras del disparador: se ha diferenciado entre la escuadra delantera y la escuadra trasera, esto es debido a que cada una tiene que responder a unas ciertas necesidades. A la escuadra delantera se la ha rediseñado pensando en una mayor robustez. Para la escuadra trasera se ha pensado más en darle una mejor sujeción a la base principal.
- Soporte del dribbler: la mejora que hemos implementado en esta pieza ha sido el encastrar el rodamiento en el soporte.
- Carcasa del robot: se ha diseñado una carcasa que cubriera la mayor parte del prototipo para poder hacerlo más resistente a los impactos.
- Se ha implementado una serigrafía en la carcasa con el logotipo del departamento del Laboratorio de Sistemas Inteligentes.

4.6. Montaje final del prototipo



Ilustración 4.31: Prototipo 2013

CAPÍTULO 5: SISTEMA DE DISPARO

5.1.- INTRODUCCIÓN

La parte más importante en cualquier tipo de competición futbolística son los goles, el que más meta en un partido es el que gana. Una vez hemos definido el principal objetivo del fútbol, podemos decir que el sistema de disparo es uno de los más importantes del robot, ya que es el que te permite golpear a la pelota para poder meter goles. Cuanto más preciso sea este sistema, mejores resultados se podrán tener en un partido.

Las características que ha de tener el disparador son:

- Tamaño reducido. Las dimensiones tan reducidas del robot limitan el espacio.
- Potencia de disparo para golpear la pelota, pudiéndola ajustar en función de las necesidades de actuación. Hay que tener en cuenta que las reglas permiten una velocidad máxima de golpeo de 10m/s.
- Posibilidad de realizar varios disparos en un periodo corto de tiempo.+

Podemos encontrar múltiples alternativas para construir un sistema de disparo, entre ellos cabe destacar los sistemas neumáticos, con servomotores, de muelles o con solenoide.

A continuación se describe brevemente los diferentes sistemas de disparo citados anteriormente.

5.2.- CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE DISPARO

5.2.1. NEUMÁTICO

La neumática es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos. El aire es un material elástico y por tanto, al aplicarle una fuerza se comprime, se mantiene esta compresión y devolverá la energía acumulada cuando se le permita expandirse, según la ley de los gases ideales. [13]. Un circuito neumático está constituido por los siguientes componentes.

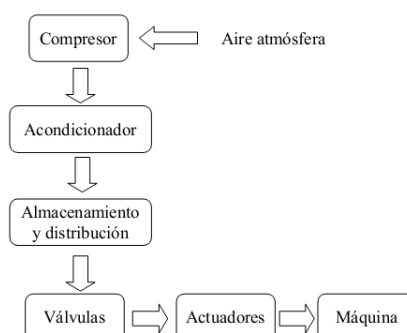


Ilustración 5.1.- Componentes de un circuito neumático

El compresor es el dispositivo que comprime el aire de la atmósfera hasta que alcanza una presión adecuada para una determinada aplicación.

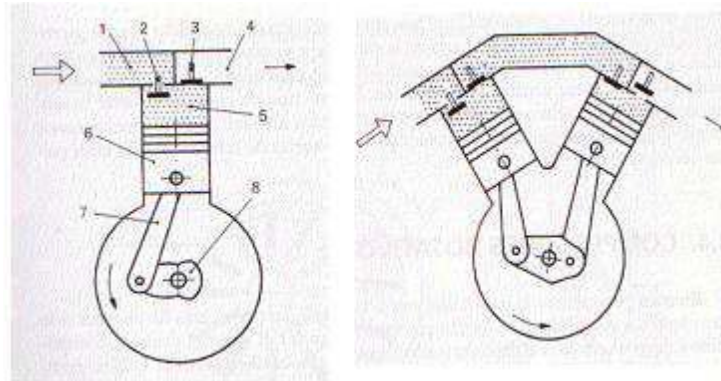
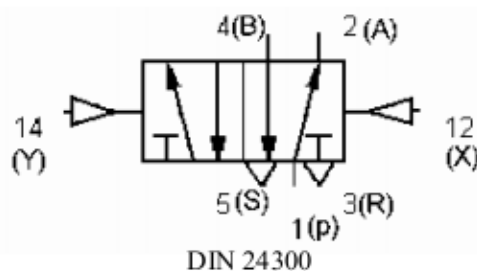


Ilustración 5.2.- Compresores monoetapa y multietapa

A la salida del compresor hay que acondicionar el aire, debido a que este tiene una alta temperatura, exceso de humedad e impurezas. Para tratar el aire utilizamos los siguientes métodos: filtrado, secado, refrigerado o regulación de la presión del aire que sale del compresor.

En casos como el nuestro, robots de pequeño tamaño, se utilizan cartuchos de CO₂ comprimido.

Las válvulas distribuidoras son los elementos de control encargados de abrir o cerrar el paso del aire según sea necesario. El accionamiento de las válvulas puede ser manual, mecánico o eléctrico.



P = Alimentación de aire comprimido

A,B,C = Salidas de trabajo

R,S,T = Escape de aire

X,Y,Z = Conexión de mando

CETOP

1 = Alimentación de aire comprimido

2 y 4 = Salidas de trabajo

3 y 5 = Escape de aire

12 y 14 = Conexión de mando

Ilustración 5.3.- Esquema de una válvula

Los actuadores más comunes son los cilindros, estos se encargan de transformar la presión del aire en trabajo mecánico. Pueden ser de simple o doble efecto.

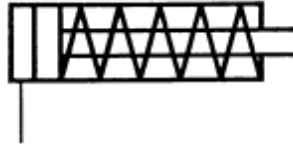


Ilustración 5.4.- Cilindro de simple efecto

Los cilindros de doble efecto no tienen posición de reposo. El aire se insufla por la parte izquierda y se mantiene en esa posición hasta que se cambie el sentido de la circulación del aire, inyectándolo por la derecha y dejándolo escapar por la izquierda.

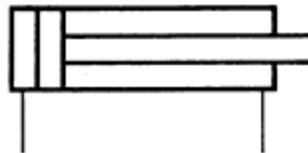


Ilustración 5.5.- Cilindro de doble efecto

5.2.2. SERVOMOTORES

Un servomotor es un dispositivo similar a un motor de corriente continua, que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición.[27]



Ilustración 5.6.- Servo Futaba S3003

La estructura interna de un servo se compone de:

- Motor de corriente continua: es el elemento que le brinda movilidad al servo. Cuando se aplica un potencial a sus dos terminales, este motor gira en un sentido a su velocidad máxima. Si el voltaje aplicado a sus dos terminales es inverso, el sentido de giro también se invierte.
- Engranajes reductores: se encargan de convertir gran parte de la velocidad de giro del motor de corriente continua en torque.
- Circuito de control: este circuito es el encargado del control de la posición del motor. Recibe los pulsos de entrada y ubica al motor en su nueva posición dependiendo de los pulsos recibidos.

Los servomotores tienen 3 terminales:

- Terminal positivo: Recibe la alimentación del motor (4 a 8 voltios)
- Terminal negativo: Referencia tierra del motor (0 voltios)
- Entrada de señal: Recibe la señal de control del motor.

Dependiendo del modelo del servo, la tensión de alimentación puede estar comprendida entre los 4 y 8 voltios. El control de un servo se reduce a indicar su posición mediante una señal cuadrada de voltaje. El ángulo de ubicación del motor depende de la duración del nivel alto de la señal. Cada servo motor, depende de la duración del nivel alto de la señal. Cada servo motor, dependiendo de la marca y modelo utilizado, tiene sus propios márgenes de operación.

Para poder emplear un servomotor como sistema de disparo es necesario convertir el giro en un movimiento lineal utilizando una transmisión.

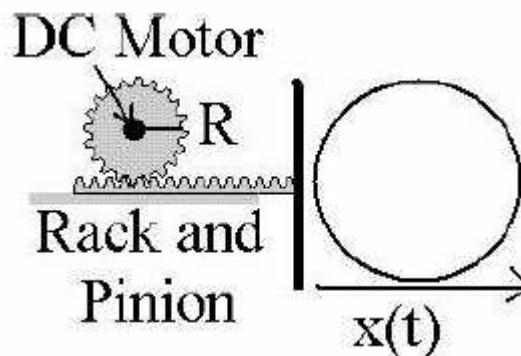


Ilustración 5.7.- Disparo con servo

5.2.3. MUELLE

Se conoce como muelle o resorte a un operador elástico capaz de almacenar energía y desprenderse de ella sin sufrir una deformación permanente cuando cesan las fuerzas o la tensión a las que es sometido. [28]

Son fabricados con materiales diversos, como acero al carbono, acero inoxidable, acero al cromo silicio, bronce, plásticos, entre otros, que presentan propiedades elásticas y con una gran diversidad de formas y dimensiones.



Ilustración 5.8.- Muelle

De acuerdo con las fuerzas o tensiones que puedan soportar, se distinguen tres tipos principales de resortes:

- Resortes de tracción: Son los que soportan exclusivamente fuerzas de tracción y se caracterizan por tener un gancho en cada uno de sus extremos. Estos permiten montar los resortes de tracción en cualquier posición.
- Resortes de compresión: Están especialmente diseñados para soportar fuerzas de compresión. Pueden ser cilíndricos, cónicos, bicónicos, de paso fijo o cambiante.
- Resortes de torsión: Son aquellos preparados para soportar fuerzas de torsión o momentos.

Existen muelles que pueden operar tanto a fuerzas de tracción como de compresión.

La manera más sencilla de analizar un resorte físicamente es mediante su modelo ideal global y bajo la suposición de que éste obedece la Ley de Hook. Esta ley establece la ecuación del resorte, donde se relaciona la fuerza F ejercida sobre el mismo con el alargamientos, contracción o elongación x producida.

$$F = -K \cdot x \quad \text{siendo} \quad K = \frac{A \cdot E}{L}$$

Donde K es la constante elástica del muelle, x la elongación (alargamiento producido), A la sección del cilindro imaginario que envuelve el muelle y E el módulo de elasticidad del muelle.

Para emplear un muelle como sistema de disparo se necesita un motor capaz de contraer el resorte y soltarlo cuando sea necesario como se indica en la siguiente ilustración.

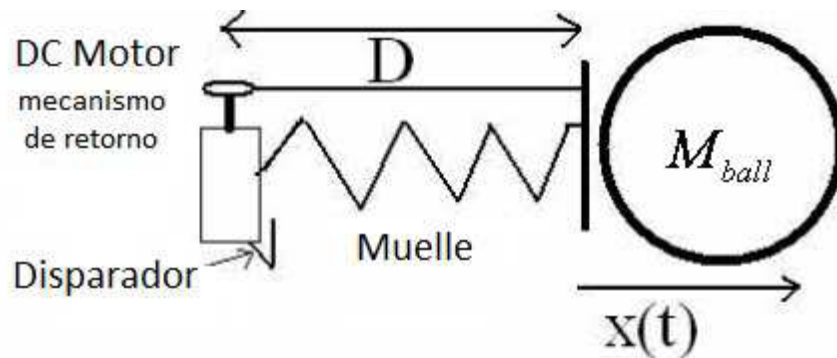


Ilustración 5.9.- Disparo con muelle

5.2.4. SOLENOIDE

Un solenoide es cualquier dispositivo físico capaz de crear una zona de campo magnético uniforme. [29]

Un ejemplo teórico es de una bobina de hilo conductor aislado y enrollado helicoidalmente, de longitud infinita. En ese caso ideal el campo magnético sería uniforme en su interior y, como consecuencia, fuera sería nulo.

En la práctica, una aproximación real a un solenoide es un alambre aislado, de longitud finita, enrollado en forma de hélice o un número de espirales con un paso acorde a las necesidades, por el que circula una corriente eléctrica. Cuando esto sucede, se genera un campo magnético dentro de la bobina tanto más uniforme cuanto más larga sea ésta.

La bobina con un núcleo adecuado se convierte en un electroimán. Se utiliza en gran medida para generar un campo magnético uniforme.

Se puede calcular el módulo del campo magnético dentro de la bobina según la ecuación:

$$H = N * \frac{I}{L}$$

Donde N es el número de espiras del solenoide, I la corriente que circula y L la longitud total de solenoide.

Este tipo de bobinas es utilizado para accionar un tipo de válvula llamada válvula solenoide, esta responde a pulsos eléctrico respecto de su apertura o cierre. Cuando la corriente está huyendo en la bobina, las líneas de fuerza salen del solenoide por uno de sus extremos, el polo norte, y entran por el extremo opuesto, el polo sur. Esas líneas de fuerza se aprovechan para que el núcleo metálico sea impulsado con fuerza, de esta manera el disparador se mueve. La ilustración 4.11 representa como actúan las líneas de fuerza de un solenoide. Las leyes que gobiernan el solenoide son la Ley de Faraday y la Ley de Ampere.

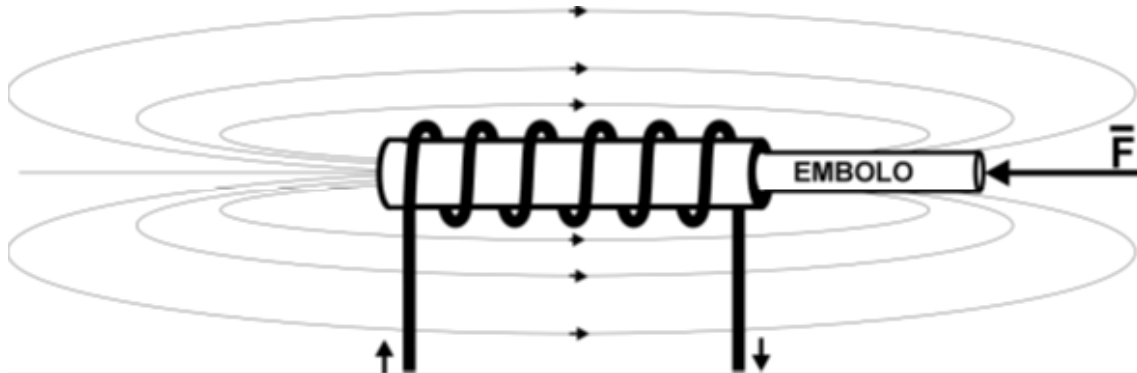


Ilustración 5.10.- Líneas de fuerza del solenoide

Los solenoides se pueden clasificar en:

- Solenoides giratorios.- Son aquellos que proporcionan una carrera rotacional que se mide en grados. Tienen un retorno mediante muelle para devolver el núcleo móvil a la posición inicial.
- Solenoides lineales.- Estos proporcionan una carrera lineal en cualquier dirección. Pueden ser de tipo Pull, en el cual la ruta electromagnética tira de un émbolo hacia el cuerpo del solenoide, o de tipo Push, en el que el émbolo o eje empuja hacia fuera de la caja, también existen los solenoides de tipo Push/Pull que ofrecen los dos movimientos en función de la polaridad de tensión a la que es sometido. Muchos de los solenoides utilizan un muelle como retorno para devolver el émbolo a la posición inicial.

Los elementos necesarios para construir un sistema de disparo a partir de un solenoide son:

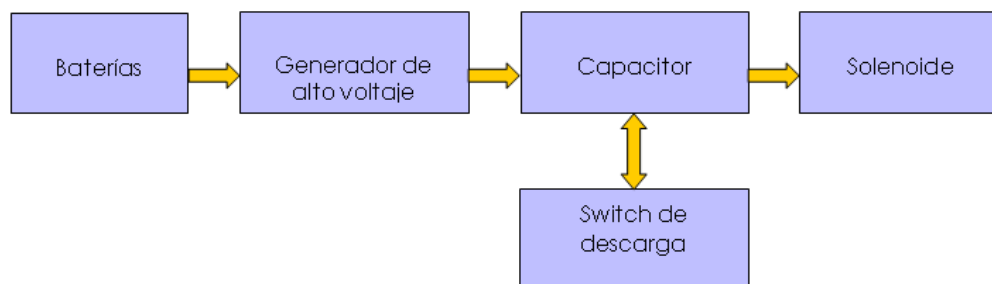


Ilustración 1.11.- Sistema de disparo usando un solenoide

El generador de alto voltaje se encarga de elevar la tensión de la batería hasta la necesaria para golpear la pelota a la velocidad requerida. Dicha tensión se almacena en el capacitor. Mediante el switch de descarga se envía la señal de disparo que permitirá realizar la descarga del condensador activando el solenoide.

5.3.- COMPARATIVA DE LOS SISTEMAS DE DISPARO.

La siguiente tabla compara los distintos sistemas de disparo descritos en el apartado anterior. [10]

PROPIEDADES	Neumático	Servomotor	Muelle	Solenoide
Potencia de disparo	→	↓	↑	↑
Tiempo entre disparos	↑	↑	↑	↑
Número de disparos	↓	↑	↑	↑
Modulación de potencia	↑	↑	↑	↑
Espacio requerido	↓	→	↓	↑
Peso	→	↑	↓	↑
Costes	↑	↑	→	↑
Seguridad	↑	↑	↑	↓

Ilustración 5.12: Comparativa sistemas de disparo.

→ característica no determinante para la elección del sistema

↑ ventaja del sistema

↓ desventaja del sistema

El sistema neumático no permite controlar la potencia de disparo a no ser que se utilice un regulador de caudal o presión. Además el principal problema de este sistema es que requiere mucho espacio libre para instalar todos sus componentes, y el número de disparos está condicionado al tamaño o número de cartuchos de aire comprimido.

El sistema basado en un servomotor ofrece muchas ventajas, como sencillez, control de potencia y número de disparos ilimitado. Pero la potencia de disparo que nos ofrece un servo es relativamente baja y en la competición de Robocup necesitaremos una potencia de disparo mayor a la que nos pueden ofrecer los servomotores.

El sistema de muelle puede permitir mayores potencias de disparo utilizando un muelle fuerte. El problema al usar este tipo de muelles es la necesidad de un motor de par elevado para poder comprimir el muelle. Para poder controlar la potencia de disparo puede

usarse un servomotor, de modo que el muelle se comprimiese en función del giro del servo. El mayor inconveniente que presenta este sistema es el espacio requerido para la instalación del muelle, el servo, el motor y como consecuencia el peso de estos componentes.

El sistema de disparo basado en un solenoide puede ser capaz de permitir una alta potencia de disparo, número de disparos ilimitados y capacidad de controlar la potencia mediante el interruptor de descarga. El mayor inconveniente que presenta son los altos valores de tensión y corriente requeridos.

Hay que considerar que tanto para el caso del muelle como el del solenoide las características varían en función de los componentes asociados al disparador. En el caso del muelle la potencia de disparo y el tiempo entre disparos depende del par motor y de la reductora que comprimen el muelle. En el caso del solenoide, la potencia y el tiempo dependen del rango de conversión del convertidor y de la tensión del condensador que almacena la energía.

5.4.- SISTEMA DE DISPARO DEL PROTOTIPO 2010/2011

El prototipo del año 2010 se basó en un sistema de disparo por solenoide, considerando que era el más adecuado para competir en los partidos de la Robocup. El solenoide que se utilizó era el de la Ilustración 5.13., cuyas características principales son:

Tipo push:

- Potencia 38 W
- Anchura 23.5 mm
- Longitud del cuerpo 50.8 mm
- Ciclo completo 10%
- Peso 161 g



Ilustración 5.13: Solenoide RP 16X16-ID

Para conseguir el retorno del solenoide a la posición inicial se colocó un muelle como se puede ver en la siguiente imagen.



Ilustración 5.14: Solenoide con muelle.

La potencia de disparo del solenoide está ligada a la carga acumulada en el condensador como se ha explicado en el primer apartado de este capítulo. Se hicieron múltiples experimentos en el laboratorio en los que quedó demostrado que según aumentaba la tensión del generador para un condensador dado (470 μF) aumentaba la potencia de disparo.

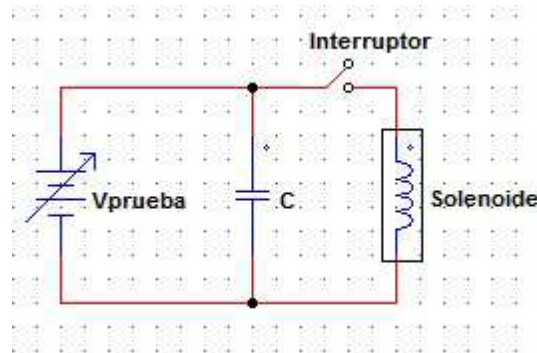


Ilustración 5.15: Circuito de prueba del solenoide.

Se hicieron pruebas utilizando varios condensadores en paralelo y finalmente se concluyó que el método idóneo era emplear dos condensadores en paralelo de 1500 μF de 250 V.

Para transmitir la energía almacenada en los condensadores se utilizó un transistor mosfet de potencia que actuaba como interruptor y un amplificador operacional para conseguir los 5 V de alimentación del transistor.

Para conseguir disparos a distintas velocidades se ajustaron los pulsos enviados por el microprocesador al mosfet interruptor. Así pulsos cortos implicaría disparo lentos, y pulsos largos disparos rápidos de gran potencia.

5.5.- SISTEMA DE DISPARO DEL PROTOTIPO 2012

Se analizaron los resultados obtenidos en el sistema de disparo del prototipo 2010/2011 y se encontraron varios problemas. El tiempo entre disparos era demasiado elevado, unos 30 segundos por disparo, esto hacía que no se pudieran realizar disparos en cortos intervalos de tiempo. También se observó que el sistema resultaba poco fiable ya que no siempre los condensadores se cargaban a la tensión deseada. Posiblemente el origen de ambos problemas radicaba en el elevador de tensión.

En el año 2012 se propuso un nuevo sistema de disparo basado en el sistema de muelle y servomotor visto anteriormente.

El principio de este sistema es el empleo de un pistón accionado por un motor de corriente continua. La transmisión se realiza gracias a una reductora basada en la desmultiplicación de un tornillo sin fin. Se usó un motor de corriente continua de tipo paso a paso con configuración de 4 hilos (2 devanados).



Ilustración 5.16: Motor de corriente continua.

El control de este motor se realizó con una placa diseñada para tal propósito. Esta placa se basa en la utilización de un secuenciador L297 junto con un driver de potencia de puente en HL298. En la siguiente imagen se puede ver el esquema de la placa.

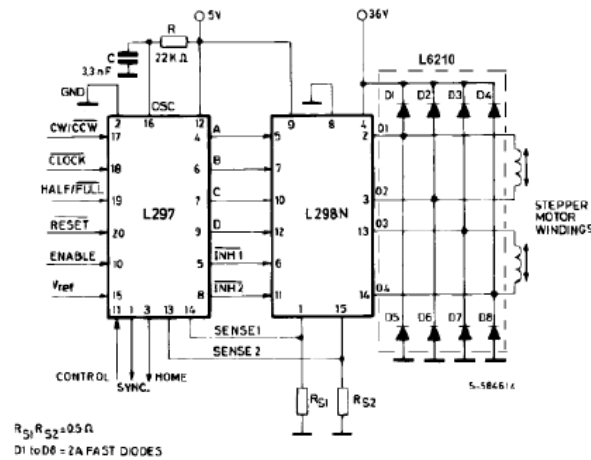


Ilustración 5.17: Esquema de la placa de control.

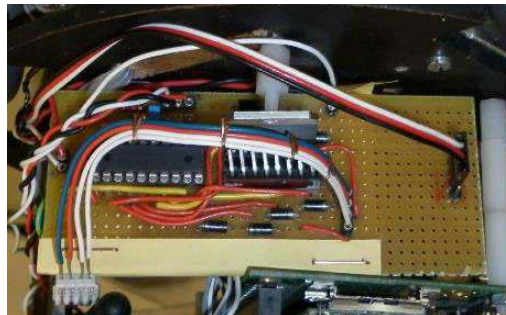


Ilustración 5.18: Placa de control.

El sistema de gatillo consistió en una barra articulada y accionada por un servomotor que permite retener el pistón dentro del carrete y posteriormente soltarlo.

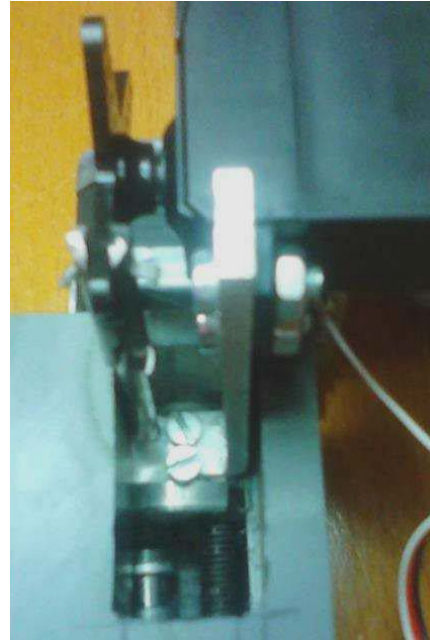
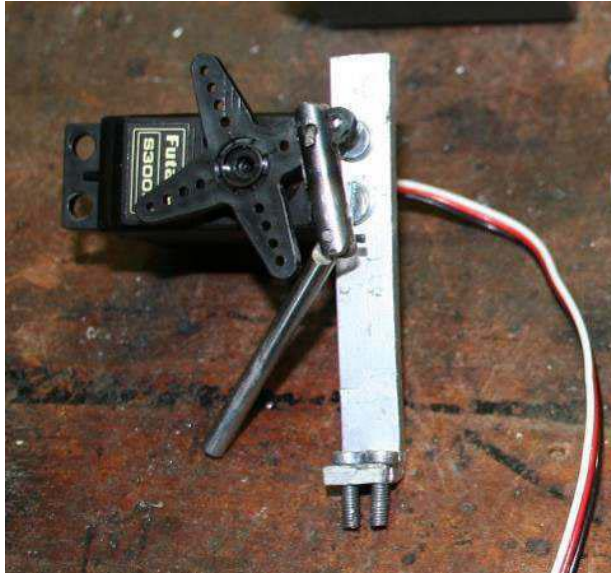


Ilustración 5.19: Sistema de gatillo.

Todos estos elementos se ensamblaron sobre un bastidor de PVC para mantener la integridad del sistema de disparo. Además se le añadió una chapa de aluminio sobre el bastidor para mantener centrado el tornillo sin fin y asegurarse de que el carrete sigue una trayectoria lineal dentro del bastidor. En la siguiente imagen se muestra como queda el disparador.

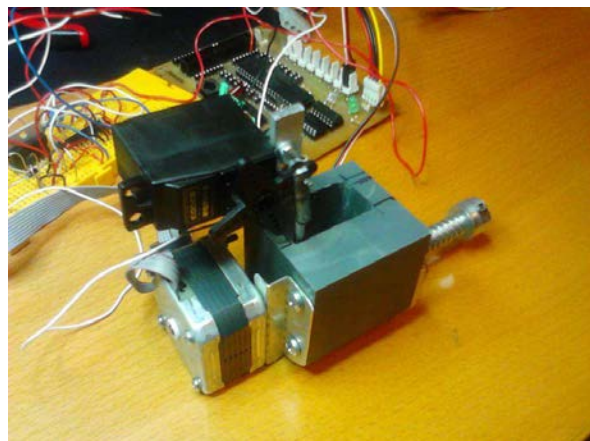


Ilustración 5.20: Configuración del disparador.

Debido a las limitaciones de espacio de las que se disponen es necesario desplazar el motor de su posición inicial. Por lo que se usó un sistema de correa para la transmisión del motor. En la siguiente imagen se muestra como quedó el disparador una vez anclado al microrobot.



Ilustración 5.21: Configuración final del motor.

5.6.- PROTOTIPO DEL SISTEMA DE DISPARO DE 2013.

Analizando los resultados del sistema de disparo del prototipo de 2012, observamos que el golpeo tiene la potencia necesaria para poder participar en un partido de la competición Robocup.

Una vez que hemos dado por válido el sistema de disparo mediante muelle y servomotor, pasamos a corregir varios problemas que se le presentaban al prototipo a la hora de poder cumplir las reglas de la competición.

El primero de los problemas lo encontramos en la posición del motor encargado del movimiento del tornillo sin fin. La carcasa del robot nos limitaba el espacio a 18mm de diámetro, como indican las reglas de la competición [11], el problema radicaba en que el motor sobresalía de la base principal de la estructura, de modo que el robot no cumplía con las reglas. Para solucionar este problema cambiamos la transmisión del robot, de forma que el motor pasó a estar en la parte superior de la base principal, la cual es atravesada por la correa que lo une con el tornillo sin fin.

Otro problema que se planteó a simple vista fue el espacio que ocupaba el bastidor del prototipo 2012 y lo tedioso que era el desmontar el disparador para modificar alguna de las piezas que componían el sistema.

5.6.1. Modo de funcionamiento

Para el prototipo de 2013 decidimos conservar el sistema de disparo mediante muelle y servo, mejorando los problemas que surgieron con el anterior prototipo.

El principio de funcionamiento del sistema de disparo consiste en un pistón accionado por un motor de corriente continua. La transmisión la realizamos mediante una correa de distribución que conecta un motor con una reductora basada en la desmultiplicación de un tornillo sin fin.

Los elementos mecánicos que utilizamos en este sistema son los siguientes: motor paso a paso, transmisión mediante un par de piñones y una correa, tornillo sin fin, carrete, servomotor, escuadra de sujeción del servo, barra articulada, guías, pistón y las escuadras que comentamos en el capítulo anterior, para fijar el sistema a la estructura.

5.6.1. Pistón

El pistón de este prototipo está basado en el de 2012, se ha adaptado a las nuevas dimensiones del sistema de disparo. Se ha fabricado en acero inoxidable, ya que es la pieza que soporta todo el golpe y la vibración del disparo y es un material con una masa relativamente elevada, lo que permite una mayor inercia en el golpeo.



Ilustración 5.22: Pistón.

Hemos añadido una placa rectangular en la zona de golpeo de la pelota, para poder tener mayor rapidez de reacción a la hora de disparar, de esta forma evitamos perder el tiempo en centrar la pelota con el dribbler para poder disparar, en situaciones en las que apremia más despejar el balón, que realizar un buen golpeo. Esta pieza también sirve para sujetar el muelle, encargado de almacenar la energía, en el esparrago del disparador. Gracias a esto, no hace falta poner un limitador de fuerza para el muelle, como sucedía en el prototipo 2012.

5.6.2. Tornillo sin fin

El principio de funcionamiento que hemos utilizado para que la energía del motor se transmita al pistón es similar al del prototipo del 2012, con unas ligeras modificaciones.

El tornillo sin fin ha pasado de ser un tornillo normal, a ser una pieza hecha a medida para el sistema de disparo que hemos propuesto. A la hora de realizar el diseño, nuestra prioridad fue reducir el número de vueltas que tenía que dar el tornillo para que el carrete pudiera avanzar, para ello diseñamos un tornillo con muchos menos pasos que el anterior.



Ilustración 5.23: Tornillo sin fin

Decidimos que la pieza tuviera 10 pasos, de forma que nos permitiera jugar con la posibilidad de aplicar más o menos compresión al muelle, en función del tipo de golpeo que quisiésemos hacer. De esta forma, tenemos la posibilidad de comprimirlo al máximo y poder realizar un disparo potente, o por el contrario, comprimirlo menos y realizar un pase a un robot de nuestro equipo.

Con este sistema el tiempo de carga del disparo se reduce considerablemente, pudiendo repetir la acción con mayor rapidez, esto nos proporciona una gran mejora respecto al prototipo anterior, ya que nos permite realizar una mayor cantidad de disparos en el transcurso del partido.

5.6.3. Carrete

Con el nuevo diseño, tuvimos que adaptar el carrete a nuestras necesidades. Eliminamos el bastidor, ya que su gran volumen era un inconveniente a la hora de manipular el sistema de disparo. Esta pieza era la que permitía sujetar el antiguo carrete a la base principal, en el nuevo prototipo, esta función recala en las escuadras del disparador que comentamos en el capítulo de la estructura, Ilustración 4.20 y 4.21. Además de las escuadras, necesitábamos un soporte que permitiese al carrete avanzar manteniendo siempre la misma altura respecto al suelo, para ello utilizamos unas varillas que hacen la función de guiar al carrete cuando se mueve de adelante hacia atrás.

El carrete que hemos diseñado es rectangular, para poder albergar todos los taladros que hay que realizar en la parte frontal.



Ilustración 5.24: Carrete.

Los cinco taladros de la parte frontal son:, tres para las varillas que hacen de guía (se pueden dejar en dos , eso dependerá de la decisión que tome la persona que haga el montaje final de los cinco robots), otro será para el pistón y el último para el tornillo sin fin.



Ilustración 5.25: Varilla guía.

Esto en cuanto a la parte frontal, en la planta superior hemos realizado tres taladros, dos para la sujeción de la escuadra que permite fijar el servo al carrete, Ilustración 5.26, y otro para permitir el paso de la barra articulada, encargada de enganchar al pistón y permitir que el muelle se comprima una vez que el carrete se mueve hacia la parte trasera del robot. El sistema de gatillo es el mismo que en el prototipo de 2012.

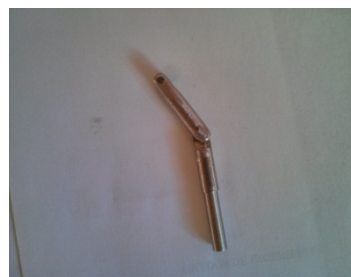


Ilustración 5.26 y 5.27: Escuadra del servo y barra articulada (respectivamente).

En la planta inferior, se ha realizado un taladro para poner un prisionero de bola. La función de esta pieza es la de guiar al tornillo sin fin dentro del carrete. En el prototipo del 2012 se utilizaba una tuerca para que el carrete avanzase cuando el tornillo giraba. En el prototipo 2013 se ha optado por utilizar el mismo principio de funcionamiento, pero mejorando el movimiento del carrete mediante el prisionero de bola, lo que le da mayor fluidez.



Ilustración 5.28: Prisionero de bola.

Para guiar el tornillo sin fin a través del carrete hemos usado un prisionero de bola de M5, este mantendrá al tornillo sin fin con presión debido al muelle que empuja la bola. De esta manera nos aseguramos de que en el caso de que el sistema falle y el tornillo quede atascado, el muelle que sujeta a la bola ceda y esta pueda salirse del carril hasta que vuelva a encontrar otro paso y continuar trabajando sin problemas. Sin el prisionero de bola, si el tornillo queda atascado es muy probable que el motor se gripase, con la consiguientes consecuencias que ello traería en la competición.

5.6.4. Sistema de transmisión

Como en las otras partes del disparador, para el sistema de transmisión nos hemos basado en el del prototipo 2012. Como comentábamos al comienzo de este capítulo, uno de los principales problemas del diseño anterior, era que el motor encargado del movimiento del tornillo sin fin, sobresalía de la estructura del robot, haciendo que el prototipo no cumpliera con la regla del tamaño máximo.

Se intentó modificar la distribución de las distintas piezas para poder ubicar el motor en la planta inferior y que la transmisión del movimiento al tornillo fuera la mejor posible. Debido a el espacio tan reducido que tenemos con este sistema de disparo, no encontramos ningún lugar para poder acoplar el motor, por tanto, optamos por que pasase a estar en la parte superior de la base principal.

Este cambio solo nos influyó en el agujero que teníamos que hacer en la placa para poder pasar la correa, esto no fue un problema, ya que nos valía con agrandar el agujero destinado al gatillo.

Se han modificado los elementos que permiten hacer la transmisión entre el motor y el tornillo sin fin, la correa y las poleas.



Ilustración 5.29: Correa

Se optó por elegir unas poleas de aluminio de 18 y 36 dientes en vez de los engranajes de plástico utilizados en el prototipo anterior. Para poder ajustar bien la polea al eje del motor y al tornillo sin fin, respectivamente, se les realizó un taladro en el que se introdujo un prisionero, de forma que podemos regular la sujeción entre los ejes y las poleas.



Ilustración 5.30: Poleas de 18 y 36 dientes

5.7.- MEJORAS IMPLEMENTADAS

Las mejoras implementadas en el sistema de disparo son:

- Adaptación del diseño del disparador para que cumpla con las reglas impuestas por la Small Size League.
- Mejora en la transmisión del par del motor al tornillo sin fin, gracias a la utilización de las nuevas poleas, las cuales tienen un diámetro mayor en los extremos, lo que hace que no se salga la correa.

- Se ha diseñado un nuevo tornillo sin fin con menos pasos, lo que hace que se pueda cargar el disparo en menos tiempo. El número de pasos que se le ha dado permite elegir la potencia de golpeo en función de las necesidades.
- Gracias al prisionero y al nuevo diseño de tornillo sin fin, la transmisión de movimiento del tornillo al carrete, es mucho más fluida. En caso de que el prisionero pierda la guía, el sistema no se quedaría encasquillado debido al muelle y la bola del prisionero.
- El nuevo diseño de carrete nos permite ahorrar espacio y poner en práctica las nuevas modificaciones.
- El pistón se ha adaptado al nuevo diseño y se le ha añadido una barra rectangular en la parte delantera para tener mayor capacidad de reacción a la hora del golpeo del balón.

5.8. Montaje final del prototipo



Ilustración 5.31: Sistema de transmisión

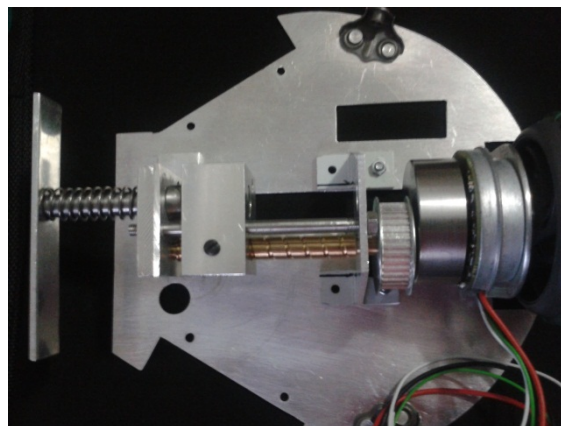


Ilustración 5.32: Sistema de disparo

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

6.1.- CONCLUSIONES.

Los objetivos que se plantearon al inicio de este proyecto eran la mejora del diseño de la estructura y del sistema de disparo, además de su posterior construcción para sentar las bases del equipo de robots que participarán en la Robocup.

A modo de resumen se recordarán las mejoras llevadas a cabo en los distintos sistemas, las cuales se comentaron al final de cada capítulo.

Estructura:

- - Construcción de las piezas del robot con materiales que aguanten las inclemencias de la competición.
- - Se han rediseñado las piezas del sistema de locomoción para adaptarlas a las nuevas ruedas del prototipo 2013.
- - Se han modificado las piezas del sistema de disparo para poder hacerlas más resistentes, debido a que son las que más esfuerzos tienen sufren durante los partidos, y se han adaptado al nuevo sistema de disparo, capítulo 5.
- - Se ha diseñado una nueva Base principal adaptada al nuevo sistema de disparo y pensando en la optimización del espacio que ocupa cada sistema perteneciente al robot.
- - En cuanto al dribbler, se ha solucionado el principal problema del sistema de regateo, hemos encastrado los rodamientos en los soportes, de forma que no se saldrán durante los partidos.
- - Se ha diseñado una carcasa para el robot para protegerlo cualquier tipo de impacto que pueda sufrir en la competición. Se ha empleado fibra de carbono para darle resistencia sin sacrificar rapidez de movimientos.
- - Se ha implementado una serigrafía en la carcasa con el logotipo del departamento del Laboratorio de Sistemas Inteligentes.

Sistema de Disparo:

- Se modifica el sistema de disparo de forma que cumpla con las reglas impuestas por la Small Size League.

- Mejora en la transmisión del par del motor al tornillo sin fin, gracias a la utilización de las nuevas poleas.
- Modificamos el sistema de disparo para poder hacer un mayor número de disparos a lo largo de un partido, esto lo conseguimos gracias al nuevo diseño del tornillo sin fin.
- Se cambia la guía del tornillo sin fin, de una tuerca (prototipo 2012), a un prisionero de bola (prototipo actual). De esta forma conseguimos que la transmisión de movimiento del tornillo al carrete sea más fluida y con menos pérdidas.
- Utilizamos un nuevo diseño de carrete, permitiéndonos ahorrar espacio y poner en práctica las nuevas modificaciones del sistema.
- Se ha adaptado el pistón al nuevo diseño y se le ha añadido una placa rectangular en la parte delantera para tener una zona de golpeo mayor.

A la vista de los resultados, se puede comprobar que se han alcanzado los objetivos planteados al inicio del proyecto, salvando los escollos y mejorando los sistemas que han sido objeto de estudio.

6.2.- POSIBLES MEJORAS.

Las posibles mejoras a realizar en los sistemas estudiados son los siguientes:

Estructura:

- Implementación del código de colores en la parte superior de la carcasa. El código implementado en el robot tiene poder ser modificado en función del color asignado al equipo.
- Reducir el peso de las piezas disminuyendo espesores, utilizando materiales más ligeros o reduciendo elementos de sujeción en la medida de lo posible.

Sistema de disparo:

- Utilizar un solenoide como sistema de disparo. A pesar que se comprobó en el prototipo de 2011 que este sistema tardaba mucho en armar el disparo, en cuanto a espacio utilizado es mucho más eficiente. Debido a que el espacio es uno de los factores más críticos del prototipo, una de las principales mejoras puede ser el mejorar el tiempo de disparo empleado en el solenoide e insertarlo en el robot.

- Mejorar el disparo para poder realizar, aparte del golpeo lineal, golpeos parabólicos. Este golpeo ampliaría en gran medida los recursos tácticos del equipo de robots.
- Buscar un motor del disparador más pequeño o colocarlo en una nueva posición, de forma que podamos cambiar el sistema de transmisión con el tornillo sin fin, utilizando engranajes en vez dos poleas y una correa. Con los engranajes tendríamos menos pérdidas energéticas por fallos o desgaste del sistema polea-correa.

Estas son las mejoras que tienen que tener prioridad en proyectos futuros, para poder dar un gran salto de nivel al robot.

Otro tipo de mejoras que se le puede aplicar al robot, tienen que ver con el ámbito estratégico de los partidos. En este campo, nuestro prototipo tiene una gran desventaja, ya que se encuentra en fase de desarrollo, mientras que otros equipos , [18], [19], [20] , [21] , [22], nos llevan tiempo compitiendo, esto hace que sea difícil engancharse a su ritmo.

Como conclusión, la mayor mejora que se puede hacer es construir el equipo de robots y empezar a competir, para poder ver realmente cuales son las carencias del prototipo y los ámbitos en los que se pueden hacer grandes mejoras.

CAPÍTULO 7: PRESUPESTO

7.1.- COSTE MATERIAL.

7.1.1.- Estructura.

Concepto	Precio Unitario	Unidades	Importe total
Base de la estructura	22.17 €	1	22.17 €
Escuadra sistema de locomoción	16.83 €	3	50.49 €
Escuadra motor disparador	11 €	1	11 €
Escuadras para el disparador	24.30 €	2	48.6 €
Soporte para el dribbler	16.02 €	2	32.04 €
Columnas placas de control	0.6 €	8	4.8 €
Carcasa	38 €	1	38 €
Tornillería	6 €	1	6 €
TOTAL			213.1 €

7.1.2.- Sistema de disparo

Concepto	Precio Unitario	Unidades	Importe total
Pistón	9.65 €	1	9.65 €
Tornillo sin fin	14.88 €	1	14.88 €
Carrete	17 €	1	17 €
Sistema de correa y poleas	11.08 €	1	11.08 €
Motor DC	20 €	1	20 €
Muelle	1.9 €	1	1.9 €
Servomotor	9.52 €	1	9.52 €
Varillas Guía del carrete	3.21 €	3	9.63 €
Sistema de gatillo	8.4 €	1	8.4 €

	TOTAL	102.06 €
--	--------------	----------

7.1.3.- Sistema de locomoción.

Concepto	Precio unitario	Unidades	Importe total
Rueda Omnidireccional	2.83 €	3	8.49 €
Motor EC45 Flat Brushless 30W con electrónica integrada	186.45 €	3	559.35 €
Casquillo	11 €	3	33 €
	TOTAL		600.84 €

7.1.4.- Sistema dribbler

Concepto	Precio unitario	Unidades	Importe total
Motor DC Como drills 941D41 1.5-12 V, caja reductora 4:1 16mm de diámetro	19.3 €	1	19.3 €
Transmisión de engranajes	7.2 €	1	7.2 €
Cilindro de goma.	0.30 €	4	1.2 €
Rodamiento	3.8 €	2	7.6 €
IRF 530	1.83 €	1	1.83 €
Barra del dribbler	1.42 €	1	1.42 €
	TOTAL		35.55 €

7.1.5.- Sistema de control

Concepto	Precio unitario	Unidades	Importe total
Tarjeta wifi	119 €	1	119 €
	TOTAL		119 €

7.1.6.- Alimentación.

Concepto	Precio unitario	Unidades	Importe total
Batería 14.8 V 3300mAH 30C	59.99 €	1	59.99 €
Cargador/Equilibrador Lipo "Dual power"	79.99 €	1	79.99 €
TOTAL			139.98 €

7.1.7.- Placa de alimentación.

Concepto	Precio unitario	Unidades	Importe total
Convertidor DC-DC Traco Ten101211, 5V 10W	33.35 €	1	33.35 €
Interruptor	3.5 €	1	3.5 €
Conectores de 2 tomas	0.3 €	12	3.6 €
Otros (leds y resistencias)	3 €	1	3 €
TOTAL			43.45 €

Hay que tener en cuenta que la mano de obra del material disminuirá en proporción a la cantidad de robots que se fabriquen, de tal forma que a mayor número de robots, menos costs tendremos por fabricación y cargos por transporte.

7.1.8.- Cables y conexionado.

Concepto	Precio unitario	Unidades	Importe total
Cables, clemas y conectores	Varios	Varios	20 €
Protector helicoidal para cables	0.57 €/m	10 m	5.7 €
TOTAL			25.7 €

7.2.- COSTE DE PERSONAL

Los costes de personal se han calculado en función de los sueldos base para Ingenieros Superiores Industriales y la cuantía de las becas para ingenieros. La duración se ha estimado en

9 meses, tiempo que engloba el diseño, la construcción y la redacción del presente proyecto. Los cargos sobre los salarios brutos son de un 6% en concepto de Seguridad Social y un 17% en concepto de I.R.P.F.

Concepto	Retribución mensual	Meses	Importe total
Graduado en Ingeniería Industrial	1800 €	9	16200 €
Ayudante a tiempo parcial	588 €	9	5292 €
TOTAL antes de impuestos			21492 €
TOTAL después de impuestos			26435.16 €

7.3.-PRESUPUESTO FINAL

El importe total asciende a:

Concepto	Importe
Coste material	1279.68 €
Coste personal	26435.16 €
TOTAL	27714.84 €

El presupuesto total del proyecto asciende a la cantidad de **veintisiete mil setecientos catorce euros con ochenta y cuatro céntimos de euro**.

En este presupuesto se han incluido los sistemas desarrollados en esta memoria a los sistemas de prototipos anteriores no estudiados en esta memoria. Se ha hecho esto para dar una visión global de lo que costaría realizar un robot preparado para competir en la Small Size League.

CAPÍTULO 8: BIBLIOGRAFÍA

- [1] ESCRIBANO GARCÍA, Pablo. (2008) *Diseño y construcción de un microrobot (EUROBOT08)*. PFC Universidad Carlos III de Madrid.
- [2] GARCÍA LOPEZ, Álvaro. (2010). *Desarrollo de un sistema de locomoción de una plataforma hardware para robocup small soccer league*. Universidad Carlos III de Madrid.
- [3] LOPEZ MONTES, David. (2010). *Desarrollo del sistema de Control y golpeo de pelota para robocup small soccer league*. Universidad Carlos III de Madrid.
- [4] LOZANO ALELÚ, Pablo. (2010) *Diseño e implementación del software para un prototipo de la Robocup Small Soccer League (SSL)*. Universidad Carlos II de Madrid.
- [5] Laura Paris Bernabe, *Diseño y construcción de un microrobot Eurobot 2007*, Universidad Carlos III de Madrid, 2007.
- [6] Drs.. ALBERT BRAMON PLANAS, JOSÉ CASAS-VÁZQUEZ, JOSEP ENRIC LLEBOT, FERNANDO LÓPEZ AGUILAR, Tipler Mosca Volumen 1, Mecánica. Oscilaciones y ondas. Termodinámica, 5ª Edición, Editorial Reverte, S.A., 2005
- [7] Drs.. ALBERT BRAMON PLANAS, JOSÉ CASAS-VÁZQUEZ, JOSEP ENRIC LLEBOT, FERNANDO LÓPEZ AGUILAR, Tipler Mosca Volumen 2B, Electricidad y magnetismo, 5ª Edición, Editorial Reverte, S.A., 2005
- [8] ESCUDERO JIMÉNEZ, Lidia (2012), *Sistema de procesamiento, alimentación y estructura de un microrobot*. Universidad Carlos III de Madrid.
- [9] David Lopez Montes, *Desarrollo del sistema de control y golpeo de pelota para Robocup Small Soccer League (SSL)*. Universidad Carlos III de Madrid, 2010.
- [10] Jose Luis Martin Gomez, *Diseño del sistema de locomoción y dribbler de un microrobot*. Universidad Carlos III de Madrid, 2012

Fuentes electrónicas³:

- [11] Robocup: <http://www.robocup.org/>
<http://www.robocup.org/about-robocup/a-brief-history-of-robocup/>
<http://www.robocup.org/about-robocup/regulations-rules/>
http://www.robocupspain.es/index.php/Main_Page

³ Todos los links a los que se hace referencia están comprobados a Junio de 2013

- [12] AutoCad: <http://www.autodesk.com/products/autodesk-autocad/overview>
- [13] Principios de la neumática: <http://www.mecatronica.co/2012/08/principios-de-neumatica.html>
- [14] Movimientos y locomoción: <http://www.muchotrasto.com/TiposDePlataformas.php>
- [15] Movimiento omnidireccional:
<http://cannes.itam.mx/Alfredo/Espaniol/Cursos/Robotica/Material/ModeloCinematicoOmnidireccional.pdf>
- [16] Plataforma de Killough:
<http://cannes.itam.mx/Alfredo/Espaniol/Cursos/Robotica/Material/ModeloCinematicoOmnidireccional.pdf>
- [17] EUROBOT: <http://www.eurobot.org/eng/index.php>
- [18] Sitio del laboratorio de robótica ITAM <http://robotica.itam.mx>
- [19] Mechatronics Research Laboratory: <http://www.mrl.ir/index.php/small-size>
- [20] Klinik robot-Omnidirectional wheel: <http://klinikrobot.blogspot.com/2010/12/robot-locomotion-with-omni-directional.html>
- [21] Blue Spirit – Robocup: <http://www.bluespirit.la/index.php?id=2,28,000>
- [22] Carnegie Mellon University: <http://www.cs.cmu.edu/~robosoccer/small/>

CAPÍTULO 9: ANEXOS

ÍNDICE

ANEXO 1: Hoja de características Rabbit RMC5600W.

ANEXO 2: Hoja de características motor EC45 Flat Brushless 30W con electrónica integrada.

ANEXO 3: Hoja de características convertidor DC-DC Traco TEN10-1211.

ANEXO 4: Hoja de características motor MFA-941D41.

ANEXO 5: Hoja de características correa transmisión disparador.

ANEXO 6: Hoja de características poleas disparador.

ANEXO 7: Hoja de características engranajes dribbler.

PLANOS:

- ANEXO 8: Base principal de la estructura.
- ANEXO 9: Carcasa del microrobot
- ANEXO 10: Escuadras para el sistema de locomoción.
- ANEXO 11: Escuadra delantera del sistema de disparo.
- ANEXO 12: Escuadra trasera del sistema de disparo.
- ANEXO 13: Carrete del sistema de disparo.
- ANEXO 14: Tornillo sin fin del sistema de disparo.
- ANEXO 15: Pistón del sistema de disparo.
- ANEXO 16: Sistema de gatillo.
- ANEXO 17: Soporte del sistema dribbler
- ANEXO 18: Varilla guía del sistema de disparo



ANEXO 1:

HOJA DE CARACTERÍSTICAS RABBIT RMC5600W

MiniCore™ RCM5600W

Ultra-Compact Wi-Fi Module

The MiniCore RCM5600W offers an ultra-compact 802.11b/g Wi-Fi control and communications solution for cost-sensitive embedded applications.



Overview

The MiniCore RCM5600W series is Rabbit's most compact Wi-Fi embedded solution, ideal for cost-sensitive applications. With their long-term firmware support and low-risk design features, the RCM5600W and RCM5650W offer an easy path to add reliable wireless network connectivity to any system you design.

Both wireless MiniCores offers 802.11b/g connectivity supporting WPA2 Enterprise security, as well as encryption standards such as SSL and AES. Embedded web server capability allows for monitoring and control of devices from remote locations. Both the RCM5600W and RCM5650W can use the firmware update feature which allows for remote firmware updates from virtually anywhere in the world. The RCM5600W Wi-Fi modules are fully compatible with the RCM5700 Ethernet enabled MiniCores, providing greater network deployment and design flexibility.

Standard Development Kit

This affordable development kit includes everything you need to begin development

\$149



Application Highlight



Potential Applications: Building automation, Remote energy management, Security and surveillance

Features and Benefits

- Rabbit® 5000 running at 74 MHz
- On-board single-chip 802.11b/g transceiver
- Up to 32 GPIO lines and 6 serial ports
- 1 MB of SRAM and up to 4 MB of serial flash
- Update firmware wirelessly
- Embedded web server







Software

The Dynamic C® integrated development environment reduces the time and effort to write real-time software for embedded systems that use a Rabbit microprocessor, enabling easy development of a wide range of applications.

Rabbit integrates editing, compiling, linking, loading and debugging into a single development environment as one function. There are no compatibility issues when moving from one stage to another. Once the design is complete, you can debug it on the target hardware and see how your code works. Because it is a dialect of C, the Dynamic C language has all the statements and constructions of traditional C, plus extensions that make it easier to write reliable, real-time multi-tasking software. The Dynamic C integrated development environment allows for easy hardware migration, moving from a single-board computer to chip level production.

Dynamic C also includes highly useful software components that can add functionality and value to your applications. This functionality includes web server capability, filing system, remote firmware updates, and wired and wireless security. Compatible software components are listed below.

Software Components

Component		Description
 RabbitWeb	RabbitWeb	System of HTML tags used to easily create web interfaces to monitor and control embedded applications
 RPU	Remote Program Update (RPU)	Allows for remote firmware updates from anywhere in the world using an Internet connection
 FAT	File Allocation Table (FAT)	Popular network-accessible file system for flashed based memories
 SSL	Secure Sockets Layer (SSL) / Transport Layer Security (TLS)	The industry standard for web security in embedded applications
 AES	Advanced Encryption Standard (AES)	128-bit encryption for transferring sensitive data
 W-FA	Wi-Fi Authentication	Provides strongest Wi-Fi security available via WPA-2 and 802.11i

MiniCore™ RCM5600W Development Kits

Standard Development Kit

Deluxe Development Kit

The Standard and Deluxe Development Kits provide the essential tools needed to design your own microprocessor-based system.

The Standard Kit includes:

- RCM5600W module
- Antenna kit
- Interface board with standoffs/connectors
- Prototyping board with standoffs/connectors
- USB cable to program RCM5600W via interface board
- Dynamic C CD-ROM, including product documentation on disk
- Getting Started instructions
- Registration card



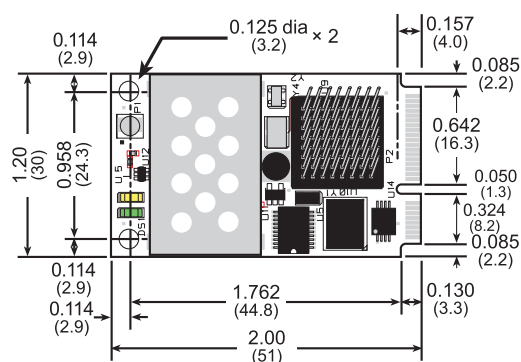
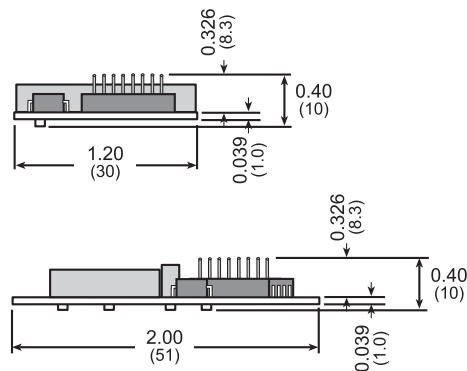
The Deluxe Development Kit includes everything in the Standard Development Kit, plus the following items:

- Universal AC adapter, 5 V DC, 2 A (includes Canada/Japan/U.S., Australia/N.Z., U.K., and European style plugs). Development Kits sold in North America may contain an AC adapter with only a North American style plug.
- Digital I/O and serial communication accessory boards for use with certain sample programs
- Rabbit 5000 Processor Easy Reference poster



MiniCore™ RCM5600W Specifications

Feature	RCM5600W	RCM5650W
Microprocessor	Rabbit® 5000 at 74 MHz	
EMI Reduction	Spectrum spreader for reduced EMI (radiated emissions)	
Serial Flash Memory (program)	1 MB	4 MB
SRAM	1 MB	
Backup Battery	Connection for user-supplied backup battery (to support RTC)	
General-Purpose I/O	Up to 32 parallel digital I/O lines configurable with four layers of alternate functions	
Additional Inputs	Reset in	
Additional Outputs	Status, reset out	
External I/O Bus	Can be configured for 8 data lines and 8 address lines (shared with parallel I/O lines), plus I/O read/write	
Serial Ports	6 high-speed, CMOS-compatible ports: <ul style="list-style-type: none">• All 6 configurable as asynchronous (with IrDA), 4 as clocked serial (SPI), and 2 as SDLC/HDL• 1 clocked serial port shared with programming port	
Serial Rate	Maximum asynchronous baud rate = CLK/8	
Slave Interface	Slave port allows the RCM5600W to be used as an intelligent peripheral device slaved to a master processor	
Real-Time Clock	Yes	
Timers	Ten 8-bit timers (6 cascadable from the first), one 10-bit timer with 2 match registers, and one 16-bit timer with 4 outputs and 8 set/reset registers	
Watchdog/Supervisor	Yes	
Pulse-Width Modulators	4 channels synchronized PWM with 10-bit counter or 4 channels variable-phase or synchronized PWM with 16-bit counter	
Input Capture	2-channel input capture can be used to time input signals from various port pins	
Quadrature Decoder	2-channel quadrature decoder accepts inputs from external incremental encoder modules	
Power	3.15V DC (min.) - 3.45V DC (max.) 625 mA @ 3.3 V while transmitting/receiving 85 mA @ 3.3 V while not transmitting/receiving	
Operating Temperature	-30° C to +55° C	
Humidity	5% to 95%, non-condensing	
Connectors	Edge connectors for interface with 52-pin mini PCI Express socket	
Board Size	1.20" × 2.00" × 0.40" (30 mm × 51 mm × 10 mm)	
Wi-Fi Specifications		
	Region	802.11b802.11g
Typical Average Antenna Output Power	Americas, Japan	19 dBm15 dBm
	Other Regions	18 dBm
Compliance	802.11b/g, 2.4 GHz	
MiniCore RCM5600W, RCM5650W Pricing		
Price (Qty. 1/100)	\$69 / \$65	\$75 / \$71
Part Number	20-101-1265	20-101-1309
Development Kit	Standard Development Kit	Deluxe Development Kit
Part Number	\$149 101-1284	\$249 101-1285



Rabbit® 2900 Spafford Street Davis, CA 95618 USA Tel 1.888.411.7228 Tel 530.757.8400 Fax 530.757.8402

Copyright© 2009-2010, Rabbit. All rights reserved. Rabbit is a Digi International brand. Rabbit, RabbitCore, Dynamic C and MiniCore are trademarks or registered trademarks of Digi International Inc. in the United States and other countries worldwide. All other trademarks are the property of their respective owners.

91001508
B2/110

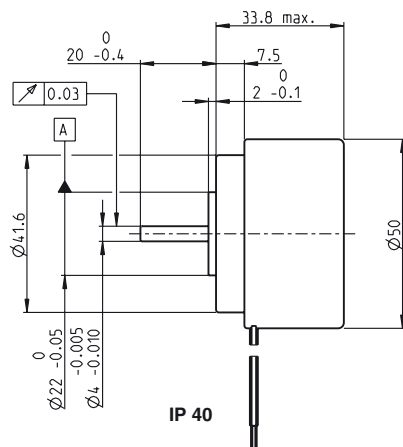


ANEXO 2:

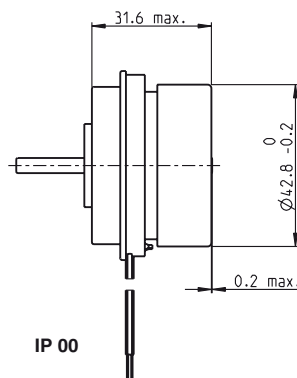
HOJA DE CARACTERÍSTICAS MOTOR EC45 FLAT BRUSHLESS 30W
CON ELECTRÓNICA INTEGRADA

EC 45 flat brushless, 30 Watt, with integrated electronics

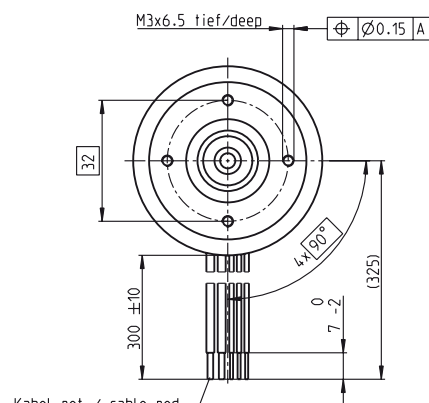
1-Q-speed controller



IP 40



IP 00



Kabel rot / cable red

M 1:2

- Stock program
- Standard program
- Special program (on request)

Article Numbers

IP 40 (with cover)
IP 00 (without cover)

2 wire version				5 wire version			
				Enable	Direction		
353518		353519		350909	352886	370425	370424

Motor Data (provisional)

Values at nominal voltage									
1	Nominal voltage	V	24	24	24	24	24	24	24
2	No load speed	rpm	3000	3000	6000	6000	6000	6000	6000
3	No load current	mA	79.5	79.5	210	210	210	210	210
4	Nominal speed	rpm	3000	3000	6000	6000	6000	6000	6000
5	Nominal torque (max. continuous torque)	mNm	69.7	94.7	57	89.6	59.4	89.6	89.6
6	Nominal current (max. continuous current)	A	1.27	1.78	1.98	3.1	2.06	3.1	3.1
33	Max. torque	mNm	106	106	104	104	104	104	104
34	Max. current	A	2.02	2.02	3.62	3.62	3.62	3.62	3.62
9	Max. efficiency	%	73	73	76	76	76	76	76
Characteristics									
35	Control variable	Speed	Speed	Speed	Speed	Speed	Speed	Speed	Speed
36	Supply voltage +V _{cc}	V	10...28	10...28	10...28	10...28	10...28	10...28	10...28
37	Speed set value input	V	= V _{cc}	= V _{cc}	= V _{cc}	= V _{cc}	0.33...10.8	0.33...10.8	0.33...10.8
38	Scale speed set value input	rpm/V	125	125	250	250	600	600	600
39	Speed range	rpm	1250...3500	1250...3500	2500...7000	2500...7000	200...6480	200...6480	200...6480
40	Max. acceleration	rpm/s	3000	3000	6000	6000	6000	6000	6000

Specifications

Thermal data	
17	Thermal resistance housing-ambient 5.6 (3.12) K/W
18	Thermal resistance winding-housing 9 (4.5) K/W
19	Thermal time constant winding 44 (22) s
20	Thermal time constant motor 633 (306) s
21	Ambient temperature -40...+85°C
22	Max. permissible winding temperature +125°C
41	Max. temperature of electronics +105°C

Mechanical data (preloaded ball bearings)	
16	Rotor inertia 135 gcm ²
24	Axial play at axial load < 7.0 N 0 mm
	> 7.0 N 0.14 mm
25	Radial play preloaded
26	Max. axial load (dynamic) 6.8 N
27	Max. force for press fits (static) 95 N
	(static, shaft supported) 1000 N
28	Max. radial loading, 7.5 mm from flange 51 N

Other specifications	
31	Weight of motor 226 g
32	Direction of rotation Clockwise (CW)

Values listed in the table are nominal.

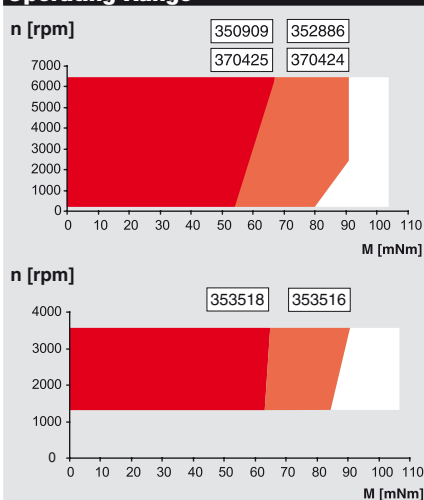
Protective functions

Overload protection, blockage protection, inverse-polarity protection, thermal overload protection, low/high voltage cut-off

Connection 2 wire version (Cable AWG 18/24)	
red	+V _{cc} 10...28 VDC
black	GND

Connection 5 wire version (Cable AWG 18/24)	
red	+V _{cc} 10...28 VDC
black	GND
white	Speed set value input
green	Monitor n (6 pulses per revolution)
grey	Disable (Type Enable) or sense of direction (Type Direction)

Operating Range



Comments

Continuous operation
The drive can be operated with a speed controller and, taking account of the given thermal resistance (fig. 17 and 18) at an ambient temperature of 25°C, does not exceed the maximum permissible operating temperatures.

Overload range
The drive reaches these operating points. Speed may vary from the set value. The overload protection shuts down the drive in the event of sustained overload.

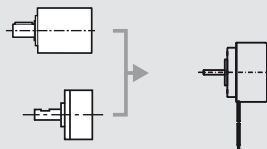
maxon Modular System

Planetary Gearhead

Ø42 mm
3 - 15 Nm
Page 243

Spur Gearhead

Ø45 mm
0.5 - 2.0 Nm
Page 244



Overview on page 16 - 21



ANEXO 3:

Hoja de características convertidor DC-DC Traco TEN10-1211

Features

- ◆ Wide 2:1 input range
- ◆ High power density
- ◆ Operating temperature range
-40°C to +85°C
- ◆ Indefinite short circuit protection
- ◆ I/O isolation 1500 VDC
- ◆ Input filter to meet EN 55022, Class A
and FCC, level A without external
components
- ◆ Industry standard pinout
- ◆ Shielded metal case with insulated
baseplate
- ◆ High reliability, MTBF >1 Mio. h
- ◆ 3-year product warranty

not recommended for new design in



The TEN 10 series is a family of high performance 10W DC/DC converters in a compact 2" x 1" low profile package with industry standard footprint. A high efficiency allows a wide operating temperature range of -40°C to +85°C. A built-in EMI filter is built in to meet EN 55022, class A without any external components. Further standard features include over voltage protection and short-circuit protection. Typical applications for these converters are battery operated equipment, instrumentation, distributed power architectures in communication and industrial electronics, everywhere where isolated, tightly regulated voltages are required.

Models

Order code	Input voltage range	Output voltage	Output current max.	Efficiency typ.
TEN 10-1210	9 – 18 VDC (12 VDC nominal)	3.3 VDC	2'400 mA	72 %
TEN 10-1211		5 VDC	2'000 mA	77 %
TEN 10-1212		12 VDC	830 mA	80 %
TEN 10-1213		15 VDC	670 mA	80 %
TEN 10-1215		24 VDC	415 mA	81 %
TEN 10-1221		±5 VDC	±1'000 mA	78 %
TEN 10-1222		±12 VDC	±415 mA	81 %
TEN 10-1223		±15 VDC	±330 mA	80 %
TEN 10-2410	18 – 36 VDC (24 VDC nominal)	3.3 VDC	2'400 mA	76 %
TEN 10-2411		5 VDC	2'000 mA	78 %
TEN 10-2412		12 VDC	830 mA	82 %
TEN 10-2413		15 VDC	670 mA	82 %
TEN 10-2415		24 VDC	415 mA	83 %
TEN 10-2421		±5 VDC	±1'000 mA	80 %
TEN 10-2422		±12 VDC	±415 mA	82 %
TEN 10-2423		±15 VDC	±330 mA	82 %
TEN 10-4810	36 – 75 VDC (48 VDC nominal)	3.3 VDC	2'400 mA	76 %
TEN 10-4811		5 VDC	2'000 mA	80 %
TEN 10-4812		12 VDC	830 mA	82 %
TEN 10-4813		15 VDC	670 mA	83 %
TEN 10-4815		24 VDC	415 mA	83 %
TEN 10-4821		±5 VDC	±1'000 mA	81 %
TEN 10-4822		±12 VDC	±415 mA	83 %
TEN 10-4823		±15 VDC	±330 mA	83 %

Input Specifications

Input current at no load	12 Vin models: 30 mA typ. 24 Vin models: 20 mA typ. 48 Vin models: 10 mA typ.
Input current at full load	12 Vin; 3.3 VDC models: 915 mA typ. 12 Vin; 5 & ± 5 VDC models: 1080 mA typ. 12 Vin; other output models: 1045 mA typ. 24 Vin; 3.3 VDC models: 435 mA typ. 24 Vin; 5 & ± 5 VDC models: 530 mA typ. 24 Vin; other output models: 510 mA typ. 48 Vin; 3.3 VDC models: 215 mA typ. 48 Vin; 5 & ± 5 VDC models: 260 mA typ. 48 Vin; other output models: 250 mA typ.
Start-up voltage / under voltage shut down	12 Vin models: 8.5 VDC / 8 VDC 24 Vin models: 16.5 VDC / 16 VDC 48 Vin models: 32.5 VDC / 32 VDC
Surge voltage (1 sec. max.)	12 Vin models: 25 V max. 24 Vin models: 50 V max. 48 Vin models: 100 V max.
Reserve voltage protection	1.0 A max.
Conducted noise (input)	EN 55022 level A, FCC part 15, level A

Output Specifications

Voltage set accuracy	± 1 %
Regulation	– Input variation Vin min. to Vin max. 0.3 % max. – Load variation 10 % – 90 % single output models: 0.5 % max. dual output models: 1 % max. (balanced load) dual output models: 3 % max. (unbalanced load)
Ripple and noise (20 MHz Bandwidth)	single output models: 50 mVpk-pk max. dual output models: 75 mVpk-pk max.
Temperature coefficient	± 0.02 %/K
Output current limitation	>110 % of Iout max., constant current
Short circuit protection	continuous (automatic recovery)
Capacitive load	single output models: 2200 μ F max. dual output models: 470 μ F max.

General Specifications

Temperature ranges	– Operating –40°C to +85°C – Case temperature +100°C max. – Storage –40°C to +125°C
Derating (convection cooling)	3.3 %/K above 70°C
Humidity (non condensing)	95 % rel H max.
Reliability, calculated MTBF (MIL-HDBK-217F, at +25°C, ground benign)	>1 Mio h
Isolation (Input/Output)	– Voltage 1'500 VDC – Capacitance 120 pF max. – Resistance >1'000 M Ohm
Switching frequency	single output models: 500 kHz typ. (pulse width modulation) dual output models: 300 kHz typ. (pulse width modulation)

All specifications valid at nominal input voltage, full load and +25°C after warm-up time unless otherwise stated.

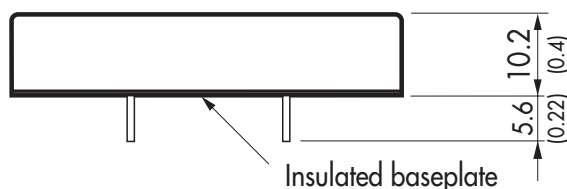
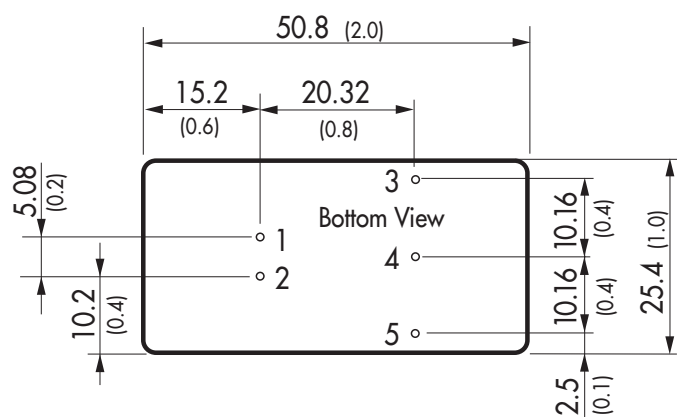
General Specifications

EMC immunity	<ul style="list-style-type: none"> – Electrostatic discharge ESD – RF field susceptibility – Electrical fast transient / burst immunity input – Surge immunity – Immunity to conducted RF disturbances 	EN 61000-4-2 8 kV / 6 kV, criteria B EN 61000-4-3 10 V/m, criteria A EN 61000-4-4 ± 2 kV, criteria B EN 61000-4-5 ± 1 kV, criteria B EN 61000-4-6 10 Vrms, criteria A
Thermal shock, mechanical shock & vibration	– Test conditions	EN 61373, MIL-STD-810F www.tracopower.com/products/mil810.pdf
Safety standards		UL 60950-1, IEC / EN 60950-1
Safety approvals	– UL/cUL	www.ul.com -> certifications -> File e188913
Environmental compliance	<ul style="list-style-type: none"> – Reach – RoHS 	www.tracopower.com/products/ten10-reach.pdf directive 2011/65/EU

Physical Specifications

Casing material	Steel chrome-nickel plated
Baseplate material	Epoxy
Potting material	Silicon rubber TES (UL 94V-0 rated)
Weight	30 g (1.2 oz)
Soldering temperature	max. 265°C / 10 sec.

Outline Dimensions



Pin-Out

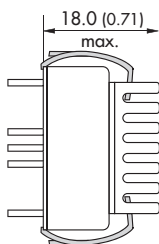
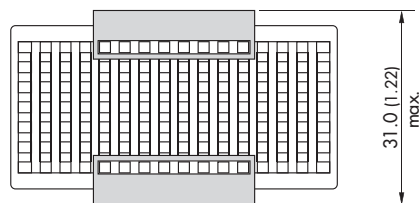
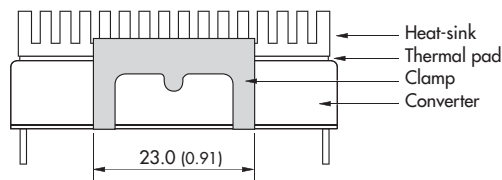
Pin	Single	Dual
1	+Vin (Vcc)	+Vin (Vcc)
2	-Vin (GND)	-Vin (GND)
3	+Vout	+Vout
4	No pin	Common
5	-Vout	-Vout

Dimensions in [mm], () = Inch
 Pin diameter: 1.0 \pm 0.05 (0.039 \pm 0.0019)
 Pin pitch tolerances: \pm 0.25 (\pm 0.01)
 Casing tolerances: \pm 0.5 (\pm 0.02)

All specifications valid at nominal input voltage, full load and +25°C after warm-up time unless otherwise stated.

Heat-Sink (Option)

Heat-sink TEN-HS4 (optional)



Order code: TEN-HS4

(cont.: heat-sink, thermal pad, 2 clamps)

Material: Aluminum

Finish: Anodic treatment (black)

Weight: 17 g (0.60oz) without converter

Thermal impedance after assembling: 10 K/W

Note:

Before attaching the heatsink, the product label on converter has to be removed for optimal performance.

For volume orders we can supply the converters with heatsink already mounted. Please contact us for a relative quotation.

Specifications can be changed any time without notice.



ANEXO 4:

Hoja de características motor MFA-941D41

941D SERIES 16mm PLANETRY (EPICYCLIC) SUB MINIATURE METAL GEARBOX



IMPORTANT NOTICE
Due to the wide range of applications for this product it is the users responsibility to establish the products suitability for their individual purpose(s).

RATIOS NOW AVAILABLE AS EX-STOCK ITEMS.

941D41	(1.5v - 12v)	RATIO 4:1
941D621	(1.5v - 12v)	RATIO 62:1
941D1041	(1.5v - 12v)	RATIO 104:1
941D2311	(1.5v - 12v)	RATIO 231:1
941D5611	(1.5v - 12v)	RATIO 561:1
941D10141	(1.5v - 12v)	RATIO 1014:1

Designed for heavy-duty industrial and model applications this robust unit boasts a powerful high quality motor with sintered bronze bearings. The metal gearbox incorporates sleeved bearings, enabling the high torque transfer from the motor to be transmitted through the gearbox.

MOTOR DATA.

MODEL	VOLTAGE		NO LOAD		MAX EFFICIENCY						STALL TORQUE	
	OPERATING RANGE	NOMINAL	SPEED	CURRENT	SPEED	CURRENT	TORQUE		OUTPUT	EFF		
			R.P.M.	mA	R.P.M.	mA	oz - in	g - cm	W	%		g - cm
(941D)	1.5 - 12.0	12.0v CONSTANT	8000	19	5881	70		6.1	0.5	63.26		26

REDUCTION TABLE. R.P.M. (NO LOAD)

SUPPLY VOLTAGE		3.0v	6.0v	9.0v	12.0v
941D41		350	800	1300	1800
941D621		18	50	82	119
941D1041		12.5	30	50	70
941D2311		5	14	23	32
941D5611		2.5	6	9.5	13
941D10141		1.25	3.10	5	6.8

WEIGHT	
941D41	35g
941D621	42g
941D1041	43g
941D2311	46g
941D5611	46g
941D10141	49g

NOTE: It is not recommended to run the motor/gearbox combination at 1.5v

Note: Motor speeds may vary by (+) or (-) 12.5%

GEARED MOTOR TORQUE RATINGS AT MAX. EFFICIENCY.

	At 12V (g.cm)
4:1	20
62:1	227
104:1	381
231:1	705
561:1	1711
1014:1	2474

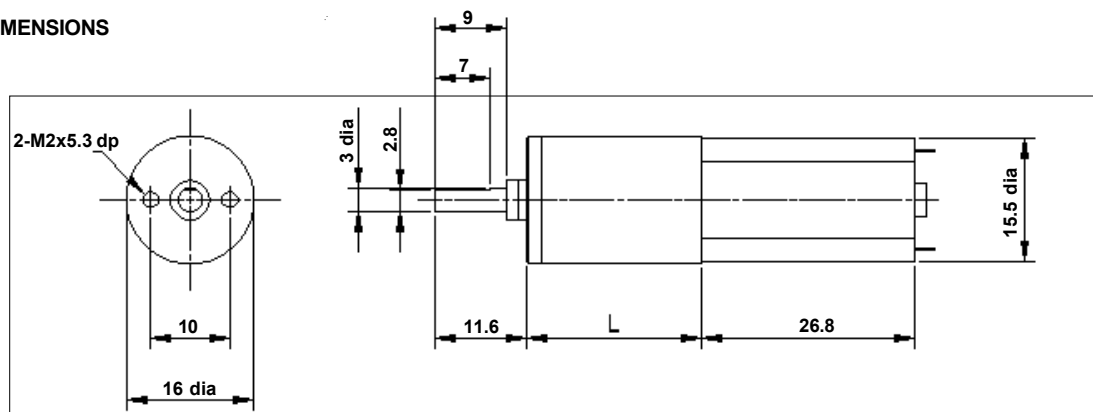
IMPORTANT NOTICE
At very low ratios the torque produced by this geared motor combination may exceed the maximum permissible torque of the gearbox. In this situation the unit must not be allowed to stall as this may damage the gears.

24 volt versions are available for this range of motor-gearboxes. Performance data is similar to 12 volt versions. This version also has an extended 10mm rear shaft to accommodate motor encoders. When ordering please use 12v version part number suffixed with 24V. I.E. 941D621 will be 941D62124V

NOTE: To establish Torque Rating in Nm, divide g.cm by 10,197.0

941D SERIES 16mm PLANETRY (EPICYCLIC) SUB MINIATURE METAL GEARBOX

GEARBOX DIMENSIONS



GEARBOX REF.	L
941D41 (4:1)	15
941D621 (62:1)	22.2
941D1041 (104:1)	22.2
941D2311 (231:1)	25.8
941D5611 (561:1)	26
941D10141 (1014:1)	29.7

FOR ACCESSORIES TO FIT THIS SERIES GEARBOX, REFER TO 917D SERIES PAGE.

ADVANTAGES OF PLANETARY GEARBOXES.

EFFICIENCY:	Efficiencies of planetary gearboxes can be above 90% while some other types of transmission can be 50% or less. This allows the use of smaller motors.
SIZE:	Planetary gearboxes can be half the size of conventional boxes.
WEIGHT:	Weight savings can be as high as 60%, allowing smaller, lighter support structures.
MAINTENANCE:	Other than routine oil changes, no maintenance is required, eliminating the need to hold spares.
REVERSIBLE:	Planetary gears can be equally efficient in either direction. This is an advantage for use in running machinery in both clockwise and anti-clockwise directions.
COAXIAL:	The coaxial configuration of input and output shafts allows planetary gears to be installed in line with a motor and a machine.

Subject to minimum order quantities of 100 units, the following ratios are also available with a six week lead-time. The physical dimensions of these other gearboxes may vary from the data as illustrated above. Details of individual gearboxes are available upon request.

GEARBOX 14:1 WITH MOTOR
 GEARBOX 29:1 WITH MOTOR
 GEARBOX 84:1 WITH MOTOR
 GEARBOX 128:1 WITH MOTOR
 GEARBOX 316:1 WITH MOTOR
 GEARBOX 455:1 WITH MOTOR
 GEARBOX 690:1 WITH MOTOR
 GEARBOX 1996:1 WITH MOTOR

GEARBOX 19:1 WITH MOTOR
 GEARBOX 72:1 WITH MOTOR
 GEARBOX 104:1 WITH MOTOR
 GEARBOX 157:1 WITH MOTOR
 GEARBOX 370:1 WITH MOTOR
 GEARBOX 561:1 WITH MOTOR
 GEARBOX 1621:1 WITH MOTOR
 GEARBOX 3027:1 WITH MOTOR



ANEXO 5:

Hoja de características correa transmisión disparador

CONTI SYNCHROFLEX® – die neue Generation GenIII

endlose Polyurethan-Zahnriemen

Eine leistungsstarke Basis.

Grundlage für die maßgenauen und hochbelastbaren Polyurethan-Zahnriemen ist die außergewöhnliche Kombination von hochfesten Stahlcord-Zugträgern und abriebfestem Polyurethan. Eine fortschrittliche Technologie, direkt von den Erfindern des Polyurethan-Zahnriemens, die mit ausgezeichneten Produkteigenschaften überzeugt.

Jede Generation ist anders. GenIII ist besser!

Die intensive Entwicklungsarbeit an den SYNCHROFLEX® -Zahnriemen der AT und ATP-Reihe mit Blick auf die Leistungsantriebe hat sich bezahlt gemacht. Denn mit der neuen Generation konnte gegenüber dem AT/ATP-Standard die Leistungsübertragung um bis zu 25% gesteigert werden. Ein weiteres wirtschaftliches Plus: Alle SYNCHROFLEX® -Zahnriemen GenIII eignen sich für den Einsatz mit Standard AT/ATP Synchronscheiben.

the new GenIII Generation

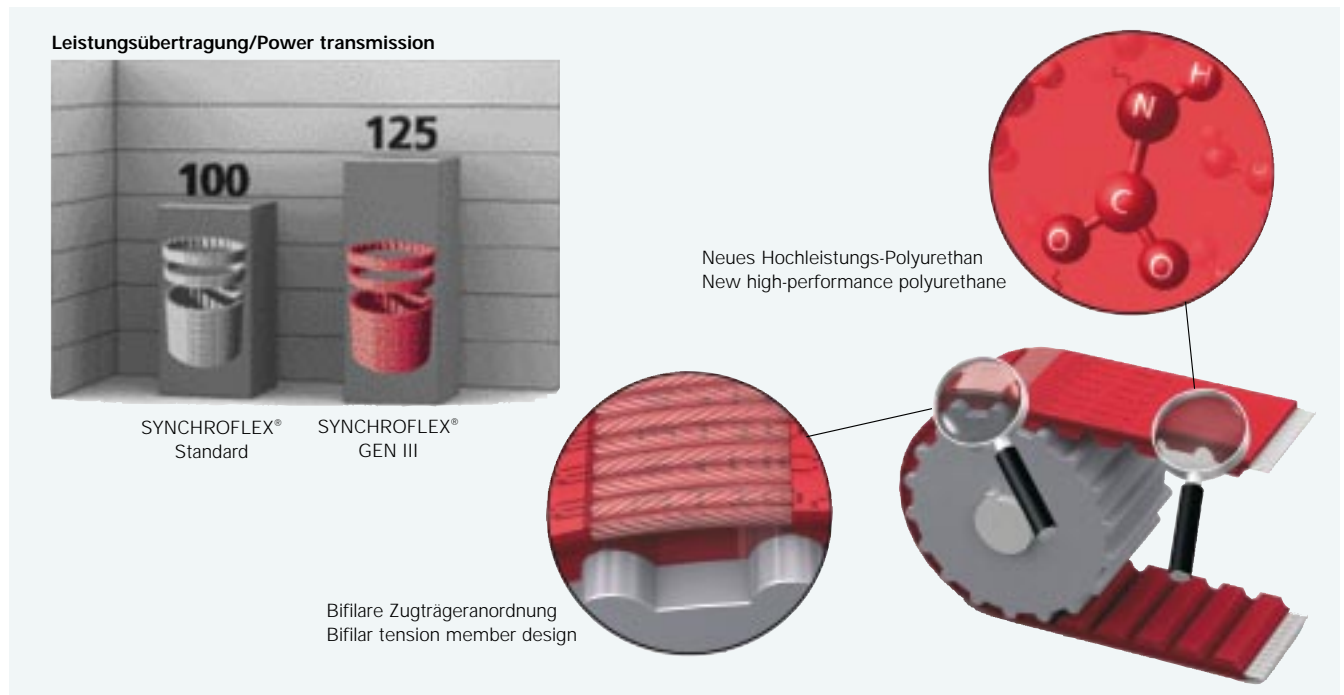
endless polyurethane timing belts

High-performance base.

The basis for these accurately sized and extremely tough polyurethane timing belts is the unusual combination of high-tensile steel cord tension members and hard-wearing polyurethane. Advanced technology, direct from the inventors of the polyurethane timing belt which stands out because of its excellent product properties.

Every generation is different. GenIII is better!

The intensive R&D which went into the SYNCHROFLEX® AT and ATP series with regard to high-performance drives paid off: the new generation has increased power transmission by up to 25% compared with the AT/ATP standard. A further cost saving: all SYNCHROFLEX® GenIII timing belts are suitable for use with standard AT/ATP synchronous pulleys.



Die Vorteile auf einen Blick – die Zugträger.

- durch engere Drahtpackung F_{zul} bis maximal +45%
- optimierter Geradeauslauf durch bifilare Zugträgerkonstruktion
- reduzierte Reibung an der Bordscheibe
- minimiertes Laufgeräusch bei reduzierter Zahnriemenbreite und gleicher Leistungsfähigkeit

Die Vorteile auf einen Blick – die Hochleistungs-Mischung.

- Zahnfestigkeit F_{spez} +25%
- längere Lebensdauer
- durch Verteilung der Umfangskraft auf bis zu 30% mehr tragende Zähne
- Einsatz bis +100°C
(für Leistungswerte im Grenzbereich bitte Beratung anfordern)

Benefits at a glance – tension members.

- Maximum F_{zul} +45% thanks to closer wound cords
- Optimised belt tracking because of bifilar tension member design
- Reduced friction on side flanges
- Reduced running noise with narrower belt widths for same power

Benefits at a glance – high-performance compounding.

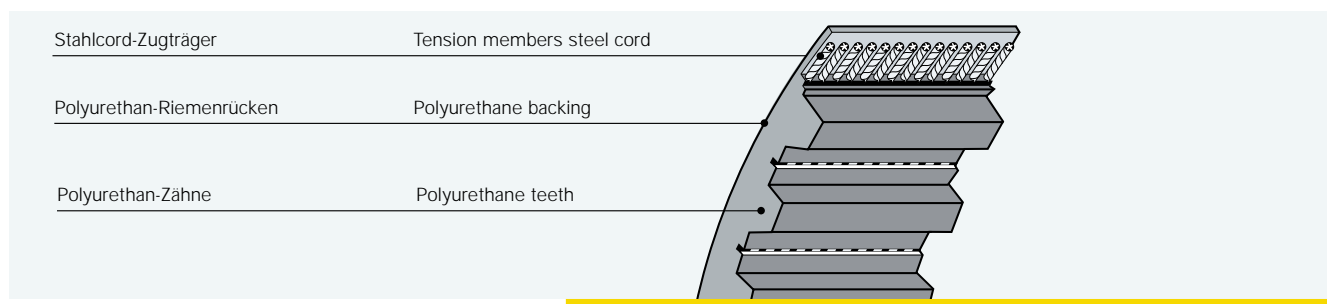
- Tooth load capacity F_{spez} +45%
- Extended service life
- Distribution of effective pull up to 30% more teeth in mesh
- Operating temperature up to +100°C
(Please contact our engineers for performance details in limit area)

CONTI SYNCHROFLEX® endlose Polyurethan-Zahnriemen

Der SYNCHROFLEX®-Zahnriemen ist dank seiner hochwertigen Komponenten sehr leistungsfähig. Die exzellente Bindung zwischen den abriebfesten Polyurethan-Zähnen und dem längenkonstanten, verzinkten Stahl-Festigkeitsträger bilden die Basis für das hohe Leistungspotenzial. Das sehr flexible Fertigungsverfahren ist z.B. für die Herstellung von doppelt verzahnten Riemen und Rückennocken mit hoher Maßhaltigkeit besonders geeignet. Die vielfältigen Mischungsvarianten ermöglichen auch Einsätze bei tiefen Temperaturen, im Reinraumklima sowie im Lebensmittelbereich.

Einsatzgebiete:

Conti SYNCHROFLEX®-Zahnriemen können in allen Bereichen der Technik eingesetzt werden. Vom Miniatur-Antrieb, der die hochgenaue Positionierung von Bauteilen in der Leiterplattenbestückung übernimmt, bis hin zum Hochleistungsantrieb in Bau- und Holzbearbeitungsmaschinen – hier ist der CONTI SYNCHROFLEX® zu Hause.



Serienmäßige Eigenschaften:

- Öl- und Fettbeständigkeit
 - Benzin- und Benzolbeständigkeit
 - Hydrolysebeständigkeit
 - UV- und Ozonbeständigkeit
 - temperaturbeständig von -30°C bis +80°C.
- Bitte fordern Sie im Bereich unter -10°C und über +50°C technische Beratung an.

Varianten:

Der Conti Synchroflex®-Zahnriemen ist als Trapezprofil und als Sonderprofil lieferbar.

Profil	CONTI SYNCHROFLEX® Längenbereich L _w * in mm	Profil	CONTI SYNCHROFLEX® Längenbereich L _w * in mm
MXL	111,76 – 1178,56	AT3	150 – 1011
XL	177,80 – 1584,96	AT5	225 – 3350
L	438,15 – 1390,65	AT10	500 – 1940
		AT20	1000 – 1960
T2	90 – 710		
T2,5	55 – 1475	ATP10	630 – 1800
T5	100 – 1500	ATP15	1185 – 1560
T10	260 – 4780		
T20	1260 – 3620	K1 K1,5	57 – 1671

*L_w = Wirklänge

CONTI SYNCHROFLEX® Endless polyurethane timing belts

SYNCHROFLEX® timing belts deliver high outputs thanks to their high-grade components. The excellent bond between the hard-wearing polyurethane teeth and the constant-length galvanised steel tension members is the basis on which the high power output potential is built. The very flexible production process is particularly suitable, for example, for manufacturing double-sided belts and rear cams with a high degree of dimensional accuracy. The range of compounds available also enables operation at low temperatures, in clean rooms and in the food industry.

Areas of application:

Conti SYNCHROFLEX® timing belts can be used in every sector of industry. From miniature drives handling the high-precision positioning of components for PCB assembly to high-performance drives in construction and woodworking machinery – CONTI SYNCHROFLEX® is equally at home.

Properties:

- Resistant to oils and greases
 - Resistant to benzene and benzole
 - Hydrolysis-resistant
 - Resistant to UV radiation and ozone
 - Suitable for temperatures ranging from -30°C to +80°C
- Please contact our engineers if the application involves temperatures below -10°C or above +50°C.

Versions:

Conti Synchroflex® timing belts are available in trapezoidal and special profiles.

Tooth profile	CONTI SYNCHROFLEX® outside lengths L _p * in mm	Tooth profile	CONTI SYNCHROFLEX® outside lengths L _p * in mm
MXL	111.76 – 1178.56	AT3	150 – 1011
XL	177.80 – 1584.96	AT5	225 – 3350
L	438.15 – 1390.65	AT10	500 – 1940
		AT20	1000 – 1960
T2	90 – 710		
T2,5	55 – 1475	ATP10	630 – 1800
T5	100 – 1500	ATP15	1185 – 1560
T10	260 – 4780		
T20	1260 – 3620	K1 K1.5	57 – 1671

*L_p = pitch length



ANEXO 6:

Hoja de características poleas disparador

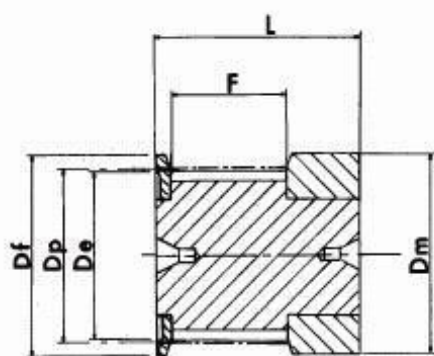


Synchroflex® Timing Pulleys T2.5

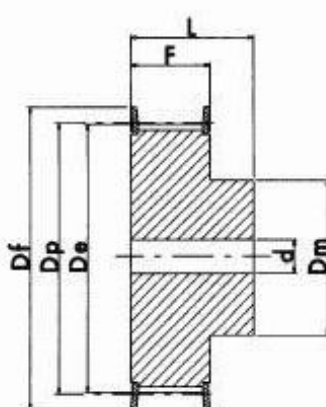
for 6mm wide belt

Centre drilled or Pilot Bore

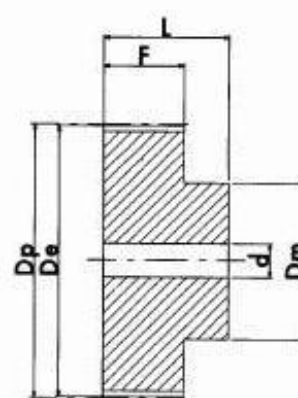
in Aluminium with Zinc plated Steel Flanges



EXECUTION 0F



EXECUTION 1F



EXECUTION 2

Dimensions

Pulleys may be Bored or Unbored.

If a dimension is critical to your application please contact our sales department for confirmation.
for special pulleys or reworked pulleys please contact our manufacturing department

Code	Type	No. Teeth	Dp	De	Df	Dm	F	L	Pilot Bore	No. Flanges
16T2.5/10-2	0F	10	8.05	7.45	13	13	9	16	-	2
16T2.5/12-2	0F	12	9.60	9.00	13	13	9	16	-	2
16T2.5/14-2	0F	14	11.20	10.60	15	15	9	16	-	2
16T2.5/15-2	0F	15	12.00	11.40	15	15	9	16	-	2
16T2.5/16-2	0F	16	12.80	12.20	16	16	9	16	-	2
16T2.5/18-2	1F	18	14.40	13.80	17.5	10	10	16	-	2
16T2.5/19-2	1F	19	15.20	14.60	20	10	10	16	-	2
16T2.5/20-2	1F	20	16.00	15.40	20	11	10	16	-	2
16T2.5/22-2	1F	22	17.60	17.00	22	11	10	16	-	2
16T2.5/24-2	1F	24	19.15	18.55	22	12	10	16	4	2
16T2.5/25-2	1F	25	19.95	19.35	25	13	10	16	4	2
16T2.5/26-2	1F	26	20.75	20.15	26	14	10	16	4	2
16T2.5/28-2	1F	28	22.35	21.75	26	14	10	16	4	2
16T2.5/30-2	1F	30	23.95	23.35	26	16	10	16	6	2
16T2.5/32-2	1F	32	25.55	24.95	32	16	10	16	6	2
16T2.5/36-2	1F	36	28.75	28.10	36	20	10	16	6	2
16T2.5/40-2	1F	40	31.90	31.30	38	22	10	16	6	2
16T2.5/44-0	2	44	35.10	34.50	-	24	10	16	6	0
16T2.5/48-0	2	48	38.30	37.70	-	26	10	16	6	0
16T2.5/60-0	2	60	47.85	47.25	-	34	10	16	8	0



ANEXO 7:

Hoja de características engranajes dribbler



Spur Gears 0.5MOD - 20° p.a. in moulded Delrin® 500 to gear quality AGMA 7

Intermediate sizes & Special gears to drawing (tooling charges may apply)	
All dimensions in mm	
Standard tolerances, unless otherwise stated ±0.25mm. Bore tolerance +0.02 / -0.04	

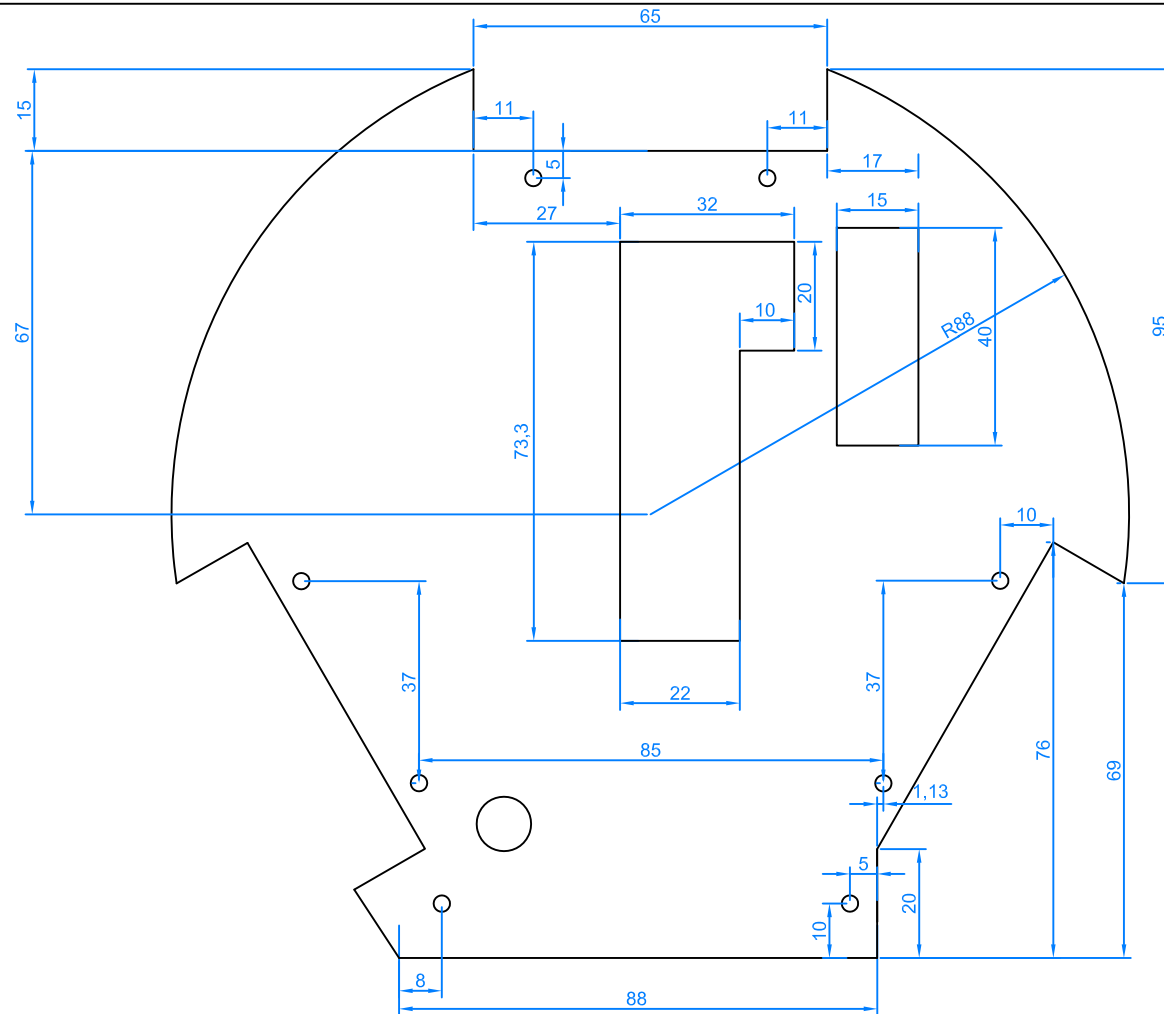
Code	No. of Teeth	Pitch Ø B	Bore Ø	Hub/Boss Ø D	Outside Ø A	O/A Width F	Face Width G
DS05-12B	12	6	2	4.5	7	7	3
DS05-15B	15	7.5	2	4.5	8.5	7	3
DS05-16B	16	8	3	6	9	7	3
DS05-18B	18	9	3	6	10	7	3
DS05-20B	20	10	4	8	11	7	3
DS05-24B	24	12	4	8	13	7	3
DS05-25B	25	12.5	4	8	13.5	7	3
DS05-28B	28	14	4	8	15	7	3
DS05-30B	30	15	5	10	16	7	3
DS05-32B	32	16	5	10	17	7	3
DS05-35B	35	17.5	5	10	18.5	7	3
DS05-36B	36	18	5	10	19	7	3
DS05-40B	40	20	5	12	21	7	3
DS05-45B	45	22.5	5	12	23.5	7	3
DS05-48B	48	24	5	12	25	7	3
DS05-50B	50	25	5	12	26	7	3
DS05-56B	56	28	6	14	29	8	3
DS05-60B	60	30	6	14	31	8	3
DS05-64B	64	32	6	14	33	8	3
DS05-70B	70	35	6	14	36	8	3
DS05-72B	72	36	6	14	37	8	3
DS05-80B	80	40	6	14	41	8	3

Sintered bronze bushes (see below) are available to be used with these gears

Please note : All dimensions including bore sizes subject to change.
If a dimension is critical to your application please contact our sales department for confirmation.



PLANOS



PROYECTO: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA Y SISTEMA DE DISPARO DE UN MICROROBOT (ROBOSOCER SMALL LEAGUE)

PLANO: BASE PRINCIPAL DE LA ESTRUCTURA

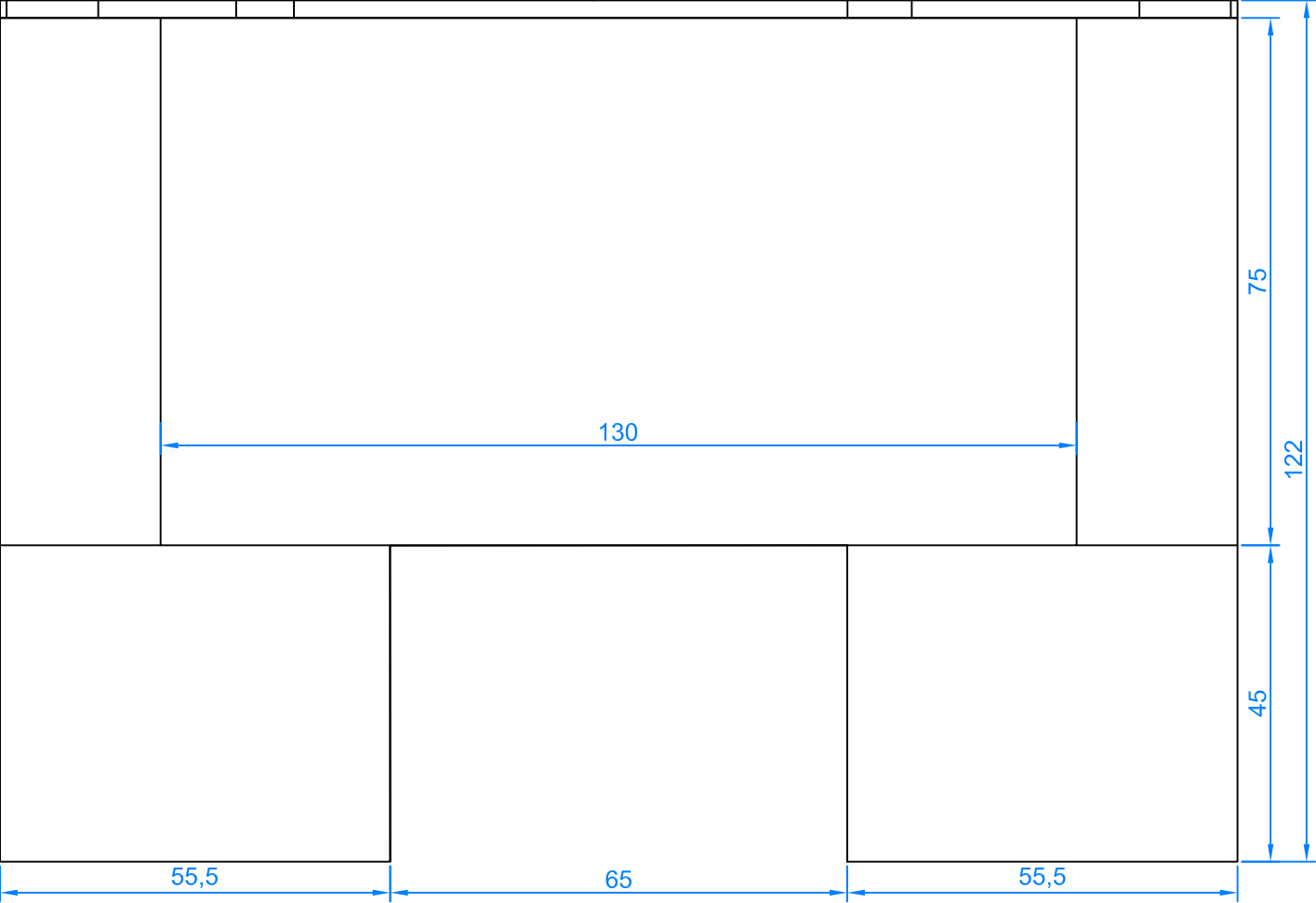
AUTOR: DANIEL MARTÍNEZ SANZ

FECHA: JUNIO DE 2013

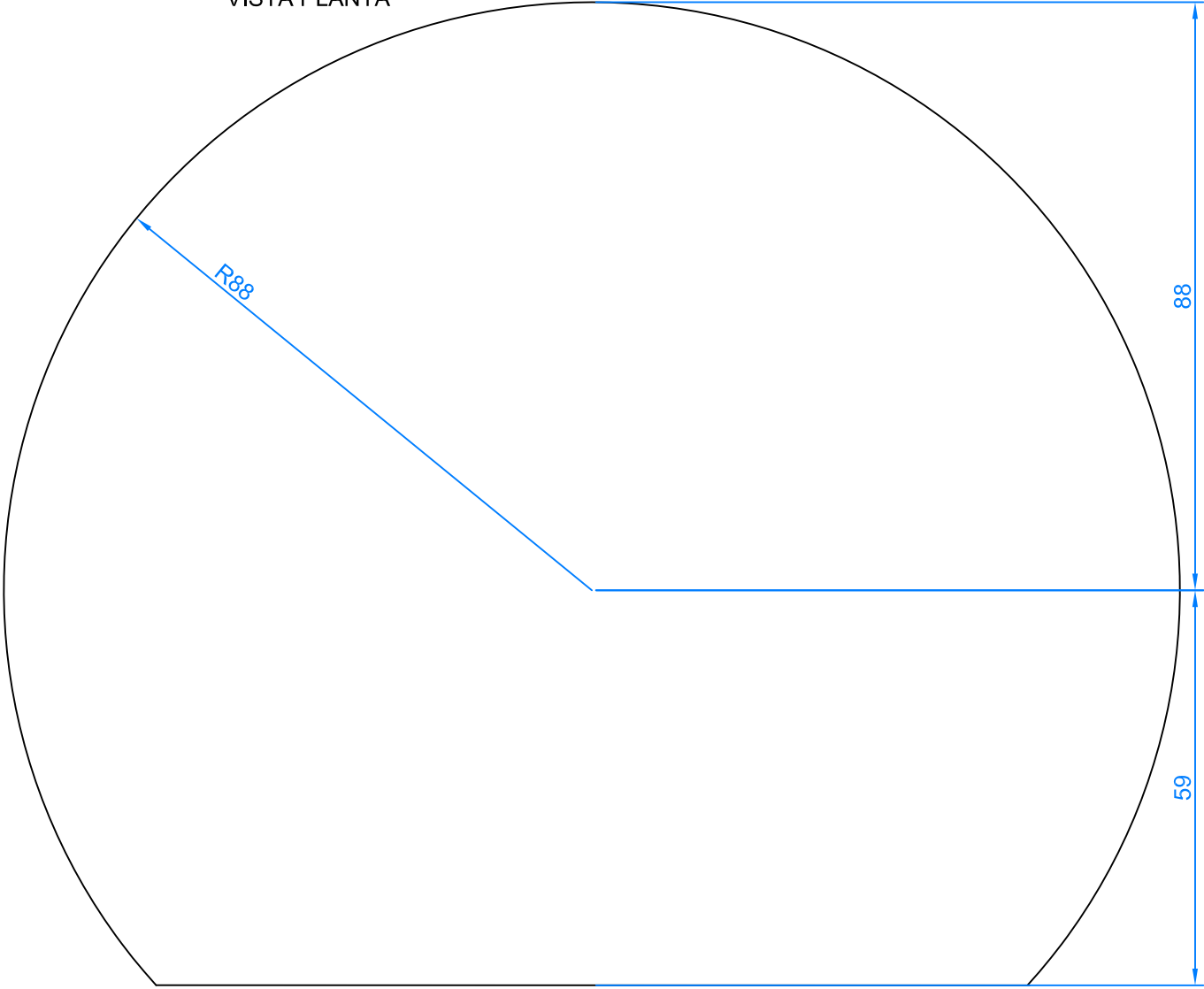
ANEXO: 8

Nº PLANO: 01

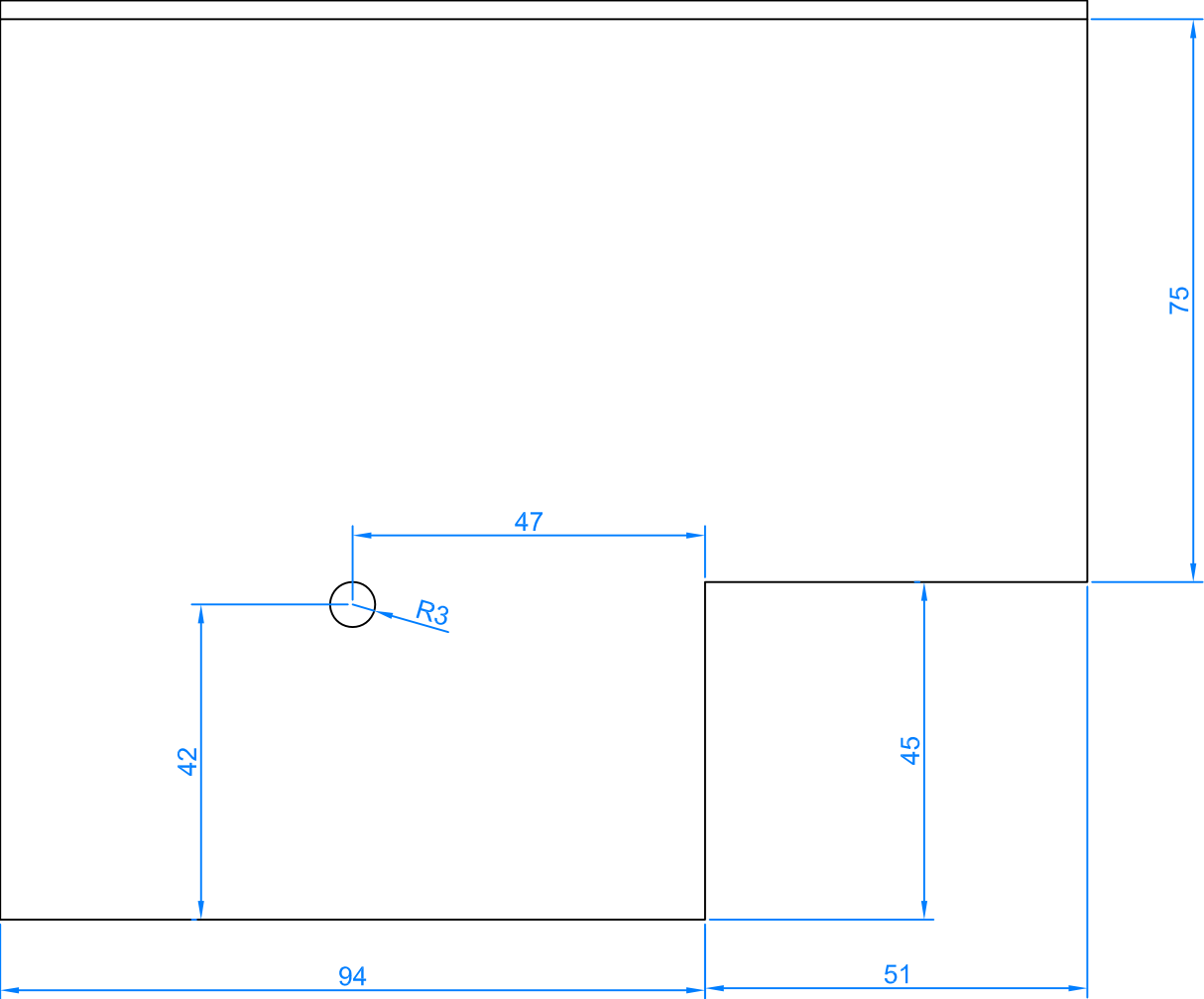
VISTA FRONTAL



VISTA PLANTA



VISTA LATERAL



PROYECTO: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA Y SISTEMA DE DISPARO DE UN MICROROBOT (ROBOSOCER SMALL LEAGUE)

PLANO: CARCASA DEL MICROROBOT

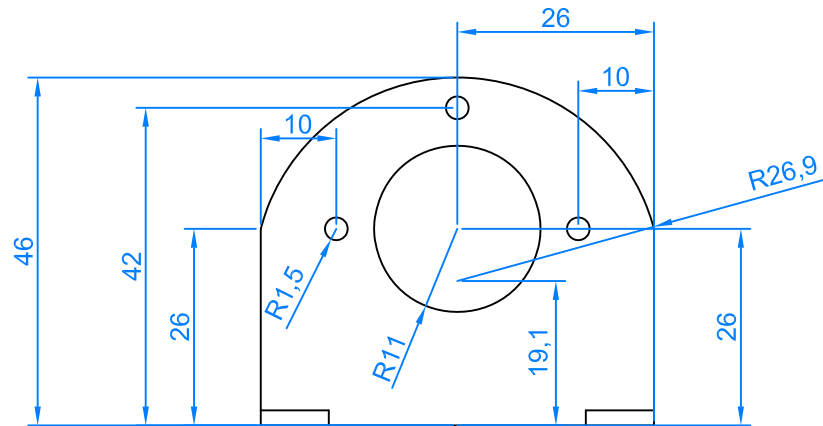
AUTOR: DANIEL MARTÍNEZ SANZ

FECHA: JUNIO DE 2013

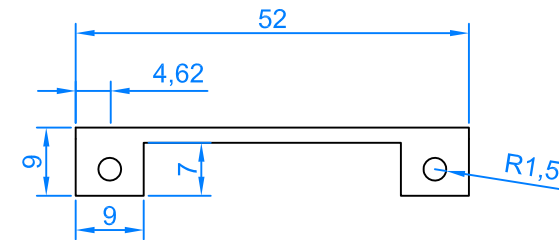
ANEXO: 9

Nº PLANO: 02

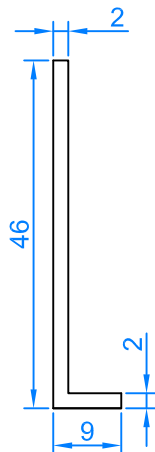
VISTA FRONTAL



VISTA PLANTA



VISTA LATERAL



PROYECTO: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA Y SISTEMA DE DISPARO DE UN MICROROBOT (ROBOSOCER SMALL LEAGUE)

PLANO: ESCUADRA PARA EL SISTEMA DE LOCOMOCIÓN

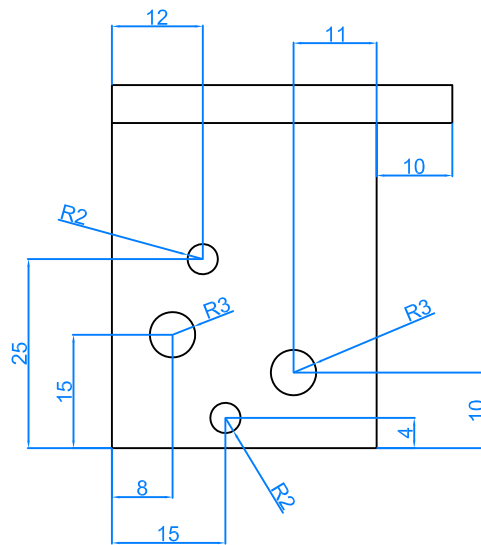
AUTOR: DANIEL MARTÍNEZ SANZ

FECHA: JUNIO DE 2013

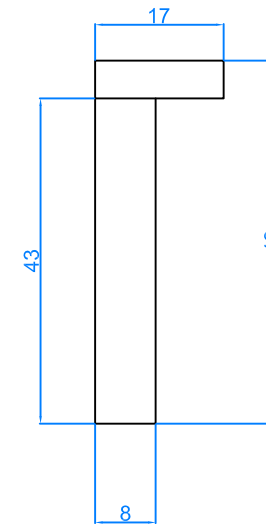
ANEXO: 10

Nº PLANO: 03

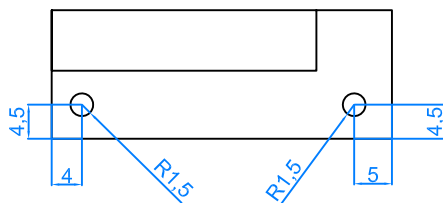
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



VISTA PLANTA



PROYECTO: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA Y SISTEMA DE DISPARO DE UN MICROROBOT (ROBOSOCER SMALL LEAGUE)

PLANO: ESCUADRA DELANTERA DEL SISTMA DE DISPARO

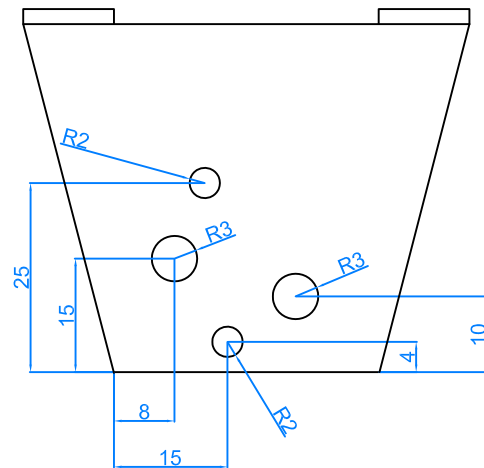
AUTOR: DANIEL MARTÍNEZ SANZ

FECHA: JUNIO DE 2013

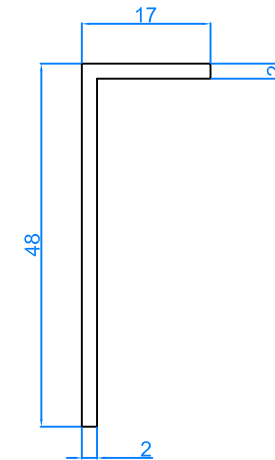
ANEXO: 11

Nº PLANO: 04

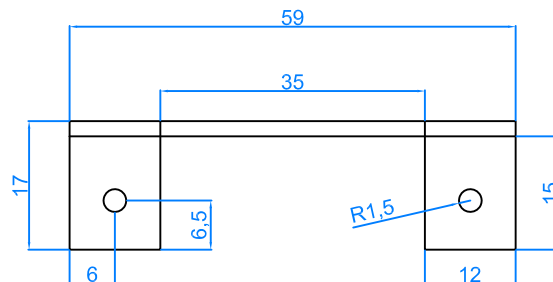
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



VISTA PLANTA



PROYECTO: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA Y SISTEMA DE DISPARO DE UN MICROROBOT (ROBOSOCER SMALL LEAGUE)

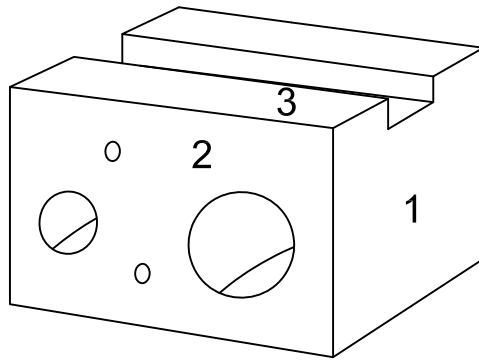
PLANO: ESCUADRA TRASERA DEL SISTMA DE DISPARO

AUTOR: DANIEL MARTÍNEZ SANZ

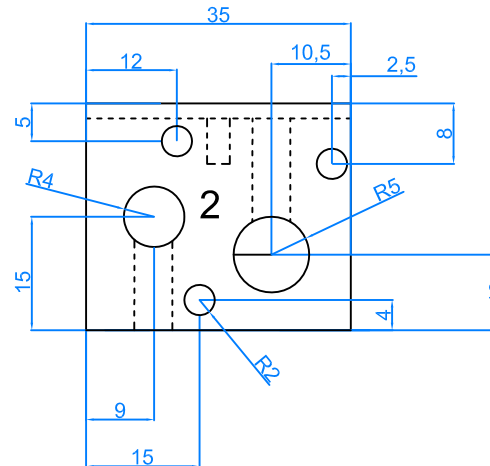
FECHA: JUNIO DE 2013

ANEXO: 12

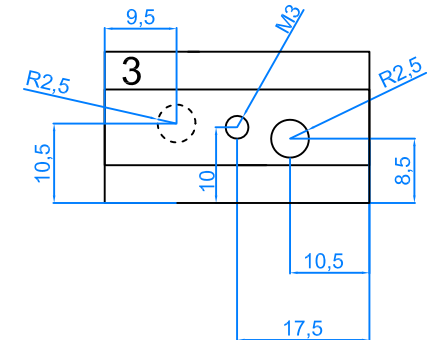
Nº PLANO: 05



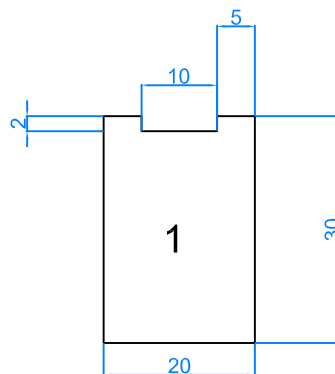
VISTA FRONTAL



VISTA PLANTA



VISTA LATERAL



PROYECTO: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA Y SISTEMA DE DISPARO DE UN MICROROBOT (ROBOSOCER SMALL LEAGUE)

PLANO: CARRETE DEL SISTEMA DE DISPARO

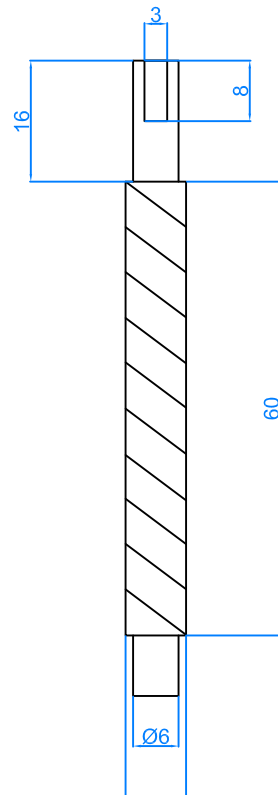
AUTOR: DANIEL MARTÍNEZ SANZ

FECHA: JUNIO DE 2013

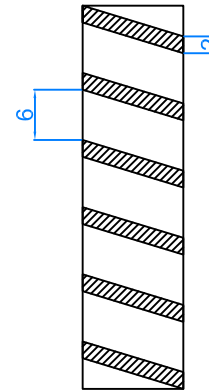
ANEXO: 13

Nº PLANO: 06

VISTA FRONTAL



DETALLE DEL PASO



VISTA PLANTA



PROYECTO: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA Y SISTEMA DE DISPARO DE UN MICROROBOT (ROBOSOCER SMALL LEAGUE)

PLANO: TORNILLO SIN FIN DEL SISTEMA DE DISPARO

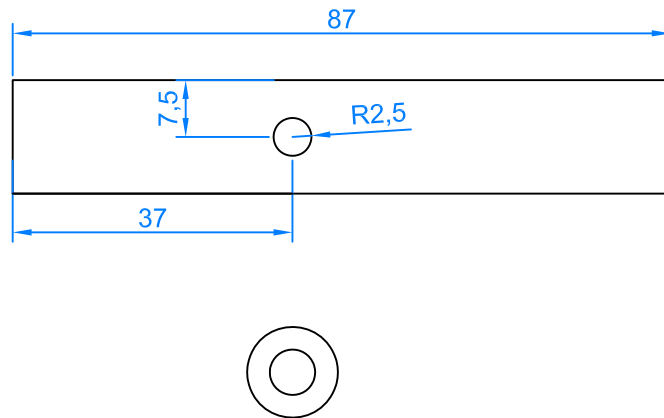
AUTOR: DANIEL MARTÍNEZ SANZ

FECHA: JUNIO DE 2013

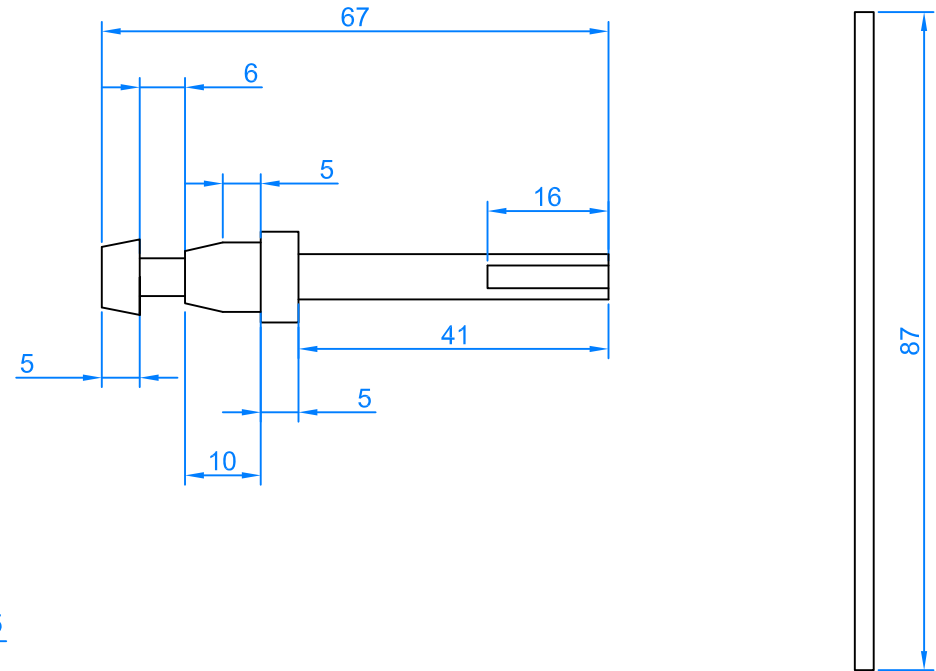
ANEXO: 14

Nº PLANO: 07

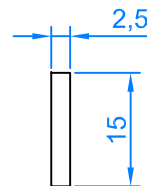
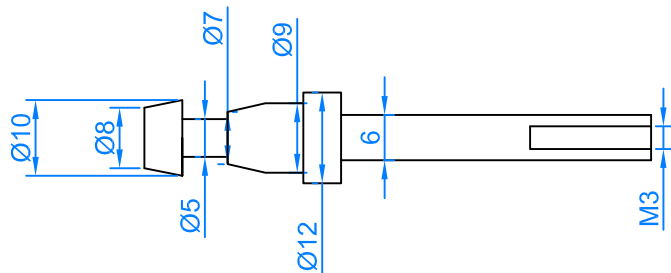
VISTA FRONTAL



VISTA PLANTA



VISTA LATERAL



PROYECTO: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA Y SISTEMA DE DISPARO DE UN MICROROBOT (ROBOSOCER SMALL LEAGUE)

PLANO: PISTÓN DEL SISTEMA DE DISPARO

AUTOR: DANIEL MARTÍNEZ SANZ

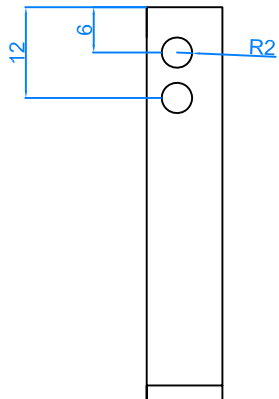
FECHA: JUNIO DE 2013

ANEXO: 15

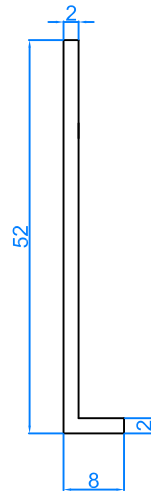
Nº PLANO: 08

ESCUADRA SUJECCIÓN SERVOMOTOR

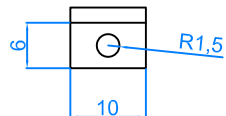
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL

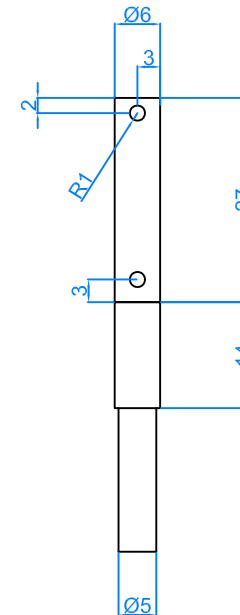


VISTA PLANTA

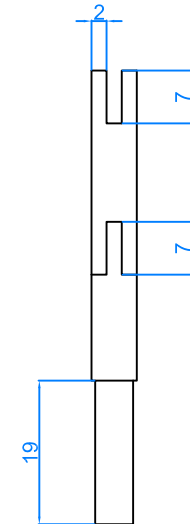


BRAZO ARTICULADO

VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



PROYECTO: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA Y SISTEMA DE DISPARO DE UN MICROROBOT (ROBOSOCER SMALL LEAGUE)

PLANO: SISTEMA DE GATILLO

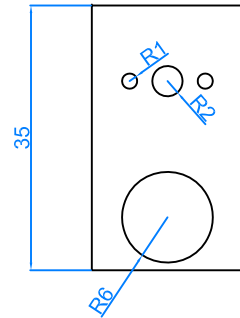
AUTOR: DANIEL MARTÍNEZ SANZ

FECHA: JUNIO DE 2013

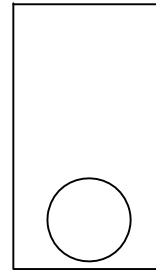
ANEXO: 16

Nº PLANO: 09

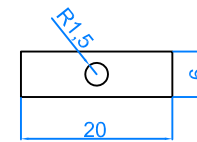
VISTA FRONTAL SOPORTE MOTOR



VISTA FRONTAL



VISTA PLANTA



PROYECTO: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA Y SISTEMA DE DISPARO DE UN MICROROBOT (ROBOSOCER SMALL LEAGUE)

PLANO: SOPORTE SISTEMA DRIBBLER

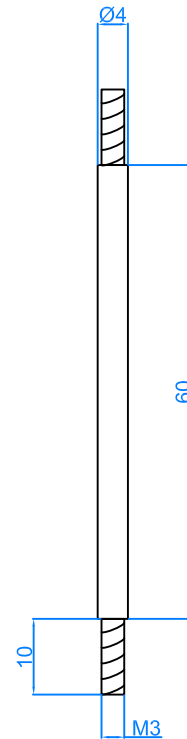
AUTOR: DANIEL MARTÍNEZ SANZ

FECHA: JUNIO DE 2013

ANEXO: 17

Nº PLANO: 10

VISTA FRONTAL SOPORTE MOTOR



VISTA FRONTAL



PROYECTO: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA Y SISTEMA DE DISPARO DE UN MICROROBOT (ROBOSOCER SMALL LEAGUE)

PLANO: VARILLA GUÍA DEL SISTEMA DE DISPARO

AUTOR: DANIEL MARTÍNEZ SANZ

FECHA: JUNIO DE 2013

ANEXO: 18

Nº PLANO: 11